

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Analýza záznamu jízdy dráhových vozidel

Analysis of Track Vehicle Moving Record

Student:

Jiří Jurášek

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jaromír Široký, Ph.D.

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Jurášek**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 10 Dopravní technika
Téma: **Analýza záznamu jízdy dráhových vozidel**
Analysis of Track Vehicle Moving Record

Zásady pro vypracování:

Cíl: Návrh porovnání jednotlivých způsobů záznamu pohybu drážních hnacích vozidel s použitím postupů pro analýzu záznamů jízdy.

Osnova:

1. Analýza způsobů záznamu pohybu DHV.
2. Charakteristika možností analýzy pohybu z jeho záznamu registračními rychloměry.
3. Návrh a realizace experimentu pro porovnání záznamů prováděných různými záznamovými systémy na DHV.
4. Realizace porovnání záznamů.
5. Provozně technické vyhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

ŠIROKÝ, Jaromír. *Mechanika v dopravě*. Ostrava, VŠB-TU Ostrava, 2004.
ANTONICKÝ, Stanislav. *Provoz hnacích vozidel*. Bratislava: Alfa. 1987. 423 s.
ANTONICKÝ, Stanislav. *Provoz kolejových vozidel II (Vozební výpočty)*. Bratislava: Alfa. 1987.
FMD. *Předpis V7 Trakční výpočty (včetně příloh)*. Praha. FMD. 1982.
ČD V8. *Předpis pro provoz rychloměrů*. Praha: České dráhy. 2007.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jaromír Široký, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011

doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 23. května 2011

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje Zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě zápočtovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího zápočtové práce. Souhlasím s tím, že údaje o zápočtové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít toto dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 23. května 2011

.....
podpis studenta

Jiří Jurášek
Mlékárenská 1650
Rychvald 735 32

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jurášek, J. Analýza záznamu jízdy dráhových vozidel. Ostrava: Institut dopravy, fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2011, 58 s, přílohy 1 s. Bakalářská práce, vedoucí: Ing. Široký, J., Ph.D.

První část bakalářské práce je zaměřena na analýzu způsobů záznamu pohybu drážních hnacích vozidel. Jsou zde definovány rychloměrné přístroje, podmínky jejich užívání a typy rychloměrů používaných v železniční dopravě. Druhá část obsahuje charakteristiku možností analýzy pohybu z jeho záznamu registračními rychloměry. Ve třetí části je navrhnout a realizován experiment pro porovnání záznamů prováděných různými záznamovými systémy na drážních hnacích vozidlech. Ve čtvrté části je pak samotná realizace porovnání záznamů. Na závěr je provedeno provozně technické vyhodnocení.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

Jurášek, J. Analysis of Track Vehicle Moving Record. Ostrava: Institute of transport, Fakulty of Mechanical Engineering, VŠB – Technical University of Ostrava 2009, 58 p, insert 1 p. Thesis, head: Ing. Široký, J., Ph.D.

The first part of thesis is focused on analysis of ways of data record movement railway driving vehicles. There are speedometers defined, specifications of their using and types of speedometers used today in railway traffic. The second part of thesis consists of characteristic of possibilities analysis of movement from recording speedometers data record. In the third part of thesis is experiment designed and realized for compare of data records, which made of different filing systems on railway driving vehicles. In the fourth part of thesis is realization compare of data records. At the close of thesis is operational and technical evaluation of this work.

Obsah

Seznam použitých zkratk a veličin.....	9
Úvod.....	11
1. Analýza způsobů záznamu pohybu drážních hnacích vozidel.....	12
1.1 Registrační rychloměry	12
1.2 Povinnosti provozovatele DHV	12
1.3 Typy používaných registračních rychloměrů.....	13
1.4 Registrační rychloměry mechanické	13
1.4.1 Mechanický registrační rychloměr METRA (Blansko)	16
1.5 Registrační rychloměry elektronické	17
1.5.1 Elektronický registrační rychloměr typu Metra Blansko	17
1.6 Korekce průměrů dvojkolí	20
1.6.1 Měření průměru dvojkolí.....	20
1.6.2 Výpočet skutečného průměru kola d_0	21
1.6.3 Korekce skutečného průměru dvojkolí.....	22
2. Charakteristika možností analýzy pohybu z jeho záznamu registračními rychloměry ...	23
2.1 Vyhodnocování jízdních proužků	23
2.2 Zpřesnění analýzy záznamu pohybu DHV	26
2.2.1 Technické prostředky	26
2.2.2 Metodika určení parametrů bodů záznamu	27
2.2.3 Stanovení parametrů analyzovaného bodu záznamu pohybu.....	30
2.3 Analýza dynamiky pohybu kolejových vozidel.....	31
3. Návrh a realizace experimentu pro porovnání záznamů prováděných různými záznamovými systémy na DHV	33
3.1 Návrh experimentu.....	33
3.2 Realizace experimentu	34
4. Realizace porovnání záznamů	37
4.1 Výpočet korekce průměrů dvojkolí.....	37
4.1.1 Nastavený průměr kol (dvojkolí).....	37
4.1.2 Výpočet průměrů kol (dvojkolí) skutečného	37
4.2 Rozbor záznamu rychloměrového proužku pro mechanický rychloměr a výpisu dat z elektronického rychloměru.....	38
4.2.1 Rozbor rychloměrového proužku	38
4.2.2 Rozbor výpisu dat z jízdy vozidla	39

4.3 Výpis dat ze zařízení GPS.....	42
4.4 Tabulkové porovnání jízd DHV	43
4.5 Grafické porovnání jízd DHV	45
4.6 Statistické porovnání získaných údajů	52
4.6.1 Statistika maximální ujeté dráhy po korekci dvojkolí.....	52
4.6.2 Statistika maximální dosažené rychlosti po korekci dvojkolí	53
5. Provozně technické vyhodnocení	54
Použitá literatura	56
Přílohy	

Tabulky

Tabulka 1: Hodnoty uvedené výrobcem po kalibrování měřidla.....	21
Tabulka 2: Porovnání záznamů	44
Tabulka 3: Porovnání času rozjezdu a zastavení, ujeté dráhy a doby jízdy.....	52
Tabulka 4: Statistika maximální ujeté vzdálenosti po korekci dvojkolí.....	52
Tabulka 5: Statistika maximální dosažené rychlosti po korekci dvojkolí.	53

Obrázky

Obr. č. 1: Ukázka rychloměrného proužku pro typ METRA.....	15
Obr. č. 2: Mechanický rychloměr (zobrazovací jednotka) typ Metra.....	16
Obr. č. 3: Měření průměru kol Pavoukem při experimentu.....	20
Obr. č. 4: Princip stanovení vzepětí f a výpočtu poloměru kola r_0	22
Obr. č. 5: Ukázka nosiče záznamu a obrazu záznamu.....	27
Obr. č. 6: Souřadný systém a meze obrazu záznamu.	28
Obr. č. 7: Nastavený souřadný systém pro analýzu záznamu.	29
Obr. č. 8: Spřažené lokomotivy určené k realizaci experimentu.	33
Obr. č. 9: Lokomotiva řady 363.....	34
Obr. č. 10: Záznam jízdy rychloměru Metra Blansko.....	35
Obr. č. 11: Textový výpis dat z jízdy vozidla řady 363.....	35
Obr. č. 12: Lokomotiva řady 163.....	36
Obr. č. 13: Obraz záznamu jízdy rychloměru typu 662.	36
Obr. č. 14: Podrobný záznam rychloměrového proužku.	40

Obr. č. 15: Ukázka záznamu rychlosti jedné z jízd.	41
Obr. č. 16: Grafický výpis z dat jízdy vozidla řady 363.....	41
Obr. č. 17: Textový výpis dat z jízdy vozidla řady 363.	42
Obr. č. 18: Záznam GPS zpracován v programu GPS Visualizer.....	43
Obr. č. 19: Rychlostní výpis LV řady 363.	45
Obr. č. 20: Rychlostní výpis LV řady 163.....	45

Grafy

Graf č. 1: Závislost rychlosti na ujeté dráze.....	46
Graf č. 2: Závislost zrychlení na čase.....	46
Graf č. 3: Závislost rychlosti na ujeté dráze.	47
Graf č. 4: Závislost zrychlení na čase.	47
Graf č. 5: Závislost rychlosti na ujeté dráze.	48
Graf č. 6: Závislost zrychlení na čase.....	48
Graf č. 7: Závislost rychlosti na ujeté dráze.	49
Graf č. 8: Závislost zrychlení na čase.....	49
Graf č. 9: Závislost rychlosti na ujeté dráze.	50
Graf č. 10: Závislost zrychlení na čase.	50
Graf č. 11: Závislost rychlosti na ujeté dráze.	51
Graf č. 12: Závislost zrychlení na čase.....	51

Seznam použitých zkratk a veličin

<i>Zkratka</i>	<i>Jednotka</i>	<i>Název</i>
a	$[\text{m.s}^{-2}]$	zrychlení vozidla
B_{Vi}	$[\text{km.h}^{-1}]$	bod záznamu při rychlosti V_i
B_{Mi}	$[\text{min}]$	bod záznamu při minutovém záznamu M_i
DHV		drážní hnací vozidlo
d_n	$[\text{mm}]$	přednastavený průměr dvojkolí na rychloměru
d_0	$[\text{mm}]$	vypočtený průměr kola v místě styčné kružnice k_2
ELE		výpis dat z rychloměru Metra Blansko
f	$[\text{mm}]$	celkové vzepětí získané jako součet vzepětí kola změřeného
f_{el}	$[\text{mm}]$	vzepětí levého hnacího kola elektronického rychloměru
f_{ep}	$[\text{mm}]$	vzepětí pravého hnacího kola elektronického rychloměru
f_{ml}	$[\text{mm}]$	vzepětí levého hnacího kola mechanického rychloměru
f_{mp}	$[\text{mm}]$	vzepětí pravého hnacího kola mechanického rychloměru
GPS		výpis dat ze zařízení GPS (Global Positioning System)
k	$[1]$	koeficient pro přepočet dráhy a rychlosti
k_e	$[1]$	hodnota korekce průměru kol u elektronického rychloměru
k_m	$[1]$	hodnota korekce průměru kol u mechanického rychloměru
k_{sj}	$[1]$	konstanta vyjadřující směr pohybu vozidla ve vztahu k počátku
k_1, k_2		styčné kružnice
L	$[\text{mm}]$	změřená osová vzdálenost ložisek vytvářejících krajní body třibodové symetrické tětiny
L_{BVi}	$[\text{km}]$	poloha posuzovaného bodu
L_{BVi-1}	$[\text{km}]$	poloha předchozího posuzovaného bodu
LV		lokomotiva
LVZ		lokomotivní zabezpečovač
$MECH$		výpis dat z rychloměru typ 662
m_{xmm}	$[\text{km.h}^{-1}/\text{mm}]$	měřítka posuvu záznamu
PC		počítač, notebook

r_0	[mm]	vypočtený poloměr kola v místě styčné kružnice k_I
$r_{support}$	[mm]	poloměr ložisek vytvářejících krajní body tříbodové symetrické tětiny
SW		software
s	[m]	ujetá dráha vozidla
s_{kore}	[m]	korigovaná ujetá dráha o korekci k_e
s_{korm}	[m]	korigovaná ujetá dráha o korekci k_m
$V_{max\ r}$	[km.h ⁻¹]	rozsah záznamu rychlosti
$V_{max\ sk}$	[km.h ⁻¹]	skutečný rozsah záznamu rychlosti
v	[m.s ⁻¹]	rychlost vozidla
v_{kore}	[m.s ⁻¹]	korigovaná rychlost o korekci k_e
v_{korm}	[m.s ⁻¹]	korigovaná rychlost o korekci k_m
x_{BVi}	[km]	hodnota posunutí rychlostního záznamu
x_{BMi}	[min]	hodnota posunutí minutového záznamu
x_{min}	[mm]	spodní mez osy posunu vzdálenosti
x_{max}	[mm]	horní mez osy posunu vzdálenosti
x_0	[mm]	hodnota souřadnice x vztažného bodu X_0
y_{BVi}	[km.h ⁻¹]	souřadnice průběhu záznamu rychlosti
y_{Mmin}	[min]	minutový záznam počáteční
y_{Mmax}	[min]	minutový záznam koncový
y_{Vmin}	[km.h ⁻¹]	minimální rozsah rychlosti
y_{Vmax}	[km.h ⁻¹]	maximální rozsah rychlosti
Δs	[m]	dráha mezi koncovým a počátečním bodem výpočtu
Δx_r	[mm]	vzdálenost vpichů
Δy_{v0}	[mm]	posunutí polohy nulové rychlosti
$\Sigma \Delta x_{TP}$	[mm]	součet hodnot posuvu záznamu vlivem časového posunutí záznamu při stání vozidla mezi bodem X_0 a posuzovaným bodem B_{Vi}

Úvod

Cílem mé práce je návrh porovnání jednotlivých způsobů záznamu pohybu drážních hnacích vozidel s použitím postupů pro analýzu záznamů jízdy. Zaměřují se v práci na porovnání záznamů u dvou druhů registračních rychloměrů, mechanického a elektronického. Je zde popsána podrobněji činnost rychloměrů, dále jsou zde popsány podmínky pro provozovatele DHV.

V práci je popsán návrh a realizace experimentu. Od návrhu se očekávalo zjištění správné funkčnosti a navzájem odlišnosti obou druhů rychloměrů. Z tohoto důvodu byl k měření využit také přístroj GPS na měření polohy a rychlosti, díky němu se dá určit, který druh rychloměru je přesnější. Samotná realizace experimentu byla provedena za mé účasti v DKV Ostrava pomocí dvou spřažených hnacích železničních vozidel řady 163 a 363 s různými druhy rychloměrů. Porovnávací jízdy byly provedeny na 210. koleji železniční stanice Ostrava hl.n.

Porovnání záznamů je realizováno pomocí běžně dostupného počítačového softwaru, bylo nutné provést korekci průměrů dvojkolí ke zjištění správných údajů o pohybu DHV. Porovnávacích jízd bylo několik, a proto je možné také statistické zhodnocení naměřených údajů. Závěrem jsem učinil provozně technické vyhodnocení a určil hlavní výhody a nevýhody rychloměrných přístrojů.

1. Analýza způsobů záznamu pohybu drážních hnacích vozidel

1.1 Registrační rychloměry

Registrační rychloměr (tachograf) je přístroj, který měří, ukazuje a současně grafickým způsobem zaznamenává na proužek registračního papíru nebo na kotouč s barevnou vrstvou, rozhodující údaje o pohybu vlaku, a to především:

- Rychlost jízdy (km.h^{-1}),
- Dobu jízdy a dobu stání (min),
- Ujetou dráhu (m)

Registrační rychloměr kromě toho může provádět tzv. doplňkovou registraci některých dalších veličin nebo pojmů. Záznam z registračního rychloměru umožňuje provádět zevrubnou analýzu základních parametrů jízdy vlaku.

Hnací vozidla se dvěma stanovišti strojvedoucího mají na druhém stanovišti rychloměr indikační. Indikační rychloměr (tachometr) je přístroj, který měřené veličiny pouze ukazuje.

Rychloměry mohou v závislosti na ujeté dráze nebo na určité rychlosti, působit jako pomocný řídicí orgán a zprostředkovávat určitou činnost. Rychloměry umožňují obsluhujícímu personálu provádět soustavnou kontrolu okamžité rychlosti jízdy vlaku a tím upravovat jízdu vlaku podle traťových konstrukčních a předepsaných podmínek jízdního řádu.

1.2 Povinnosti provozovatele DHV

„Předpis ČD V8/I pro provoz a obsluhu rychloměrů stanoví povinnosti majitele a provozovatele drážních hnacích vozidel (dále jen DHV) pro obsluhu a provoz rychloměrů na ČD. Jednotlivá ustanovení tohoto předpisu jsou závazná i pro speciální hnací vozidla (dále SHV), pokud jedou vlastní silou rychlostí vyšší než 40 km.h^{-1} .

Každé HDV i SHV (s výjimkou HDV nebo SHV o výkonu do 115 kW a o konstrukční rychlosti nepřesahující 40 km.h^{-1}) musí být vybaveno registračním zařízením, kde jsou zaznamenávány základní a doplňkové veličiny o činnosti HDV (SHV).

Termínem „provoz rychloměru“ se pro účely tohoto předpisu rozumí činnost rychloměru na hnacím vozidle resp. řídicím voze; termínem „obsluha rychloměru“ se rozumí technologické úkony, prováděné při provozu rychloměru (např. zakládání, vyjímání a popisování rychloměrného proužku, seřizování popř. natahování hodin, zadávání dat do paměti elektronického rychloměru apod.). Termín „údržba rychloměrů“ je specifikován v předpisu ČD V8/II.“ [2].

1.3 Typy používaných registračních rychloměrů

Na vozidlech ČD, ČD Cargo se používají různé typy rychloměrných přístrojů. Rychloměry na hnacích vozidlech rozdělujeme podle [1]:

- a) Podle druhu na rychloměry mechanické a elektronické
- b) Podle účelu na rychloměry registrační a indikační
- c) Podle způsobu umístění na rychloměry nástěnné nebo vestavěné do řídicího pultu
- d) Podle způsobu pohonu na rychloměry s pohonem mechanickým, tj. pevným hřídelem nebo ohebným hřídelem a na rychloměry s dálkovým elektrickým pohonem, tj. prostřednictvím elektrického vysílače a přijímače
- e) Podle způsobu registrace na rychloměry s registrací na papírový proužek svinutý do svitku (dále jen rychloměrný proužek) a na rychloměry registrující do barevné nezasychající vrstvy na skleněném kotouči
- f) Podle způsobu posuvu rychloměrového proužku (kotouče) na rychloměry s posuvem časovým, tj. s posuvem stálým za pohybu i za klidu hnacího vozidla a na rychloměry s posuvem dráhovým, přičemž za klidu hnacího vozidla se uskutečňuje posuv časový, nebo rychloměr neregistruje vůbec, např. typ TEL R 10
- g) Podle provedení záznamu na rychloměry s přerušovanou registrací tzv. vpichy a na rychloměry s registrací spojitou, prováděnou prostřednictvím pisátek.

1.4 Registrační rychloměry mechanické

Nejčastěji dnes používané mechanické rychloměry v ČR jsou TELOC – Hasler (Bern), Metra (Blansko).

Registrační rychloměry s rychloměřovým proužkem mohou podle stupně dokonalosti konstrukce a provedení provádět podle [3] tyto úkony:

a) *Ukazují:*

- rychlost v km.h^{-1} ,
- čas v hodinách a minutách,
- ujetou dráhu na počítadle v km,

b) *Registrují:*

- rychlost v km.h^{-1} ,
- dobu jízdy v minutách,
- dobu stání v minutách,
- čas v hodinách,
- ujetou dráhu v km,
- směr jízdy vpřed a vzad,
- tlak vzduchu v hlavním potrubí průběžné brzdy v barech,
- jiné veličiny nebo pojmy.

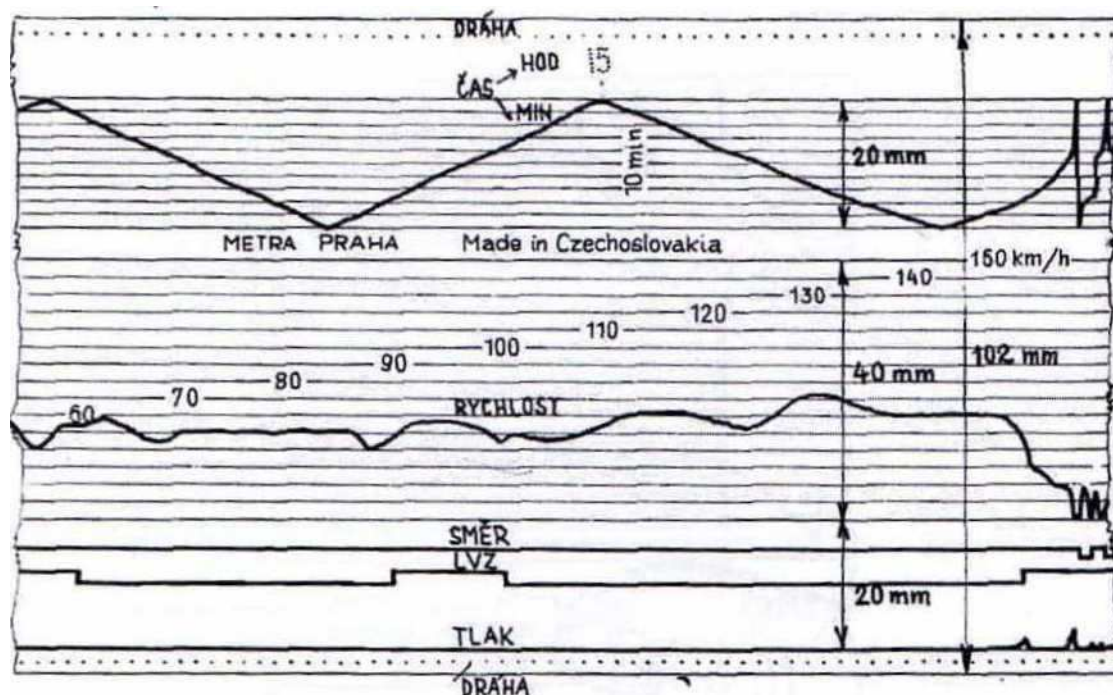
Rychloměřový proužek umožňuje provést souvislý záznam až pro 3000 km ujeté dráhy včetně zastávek.

Indikační rychloměry mohou podle stupně dokonalosti konstrukce provádět tyto úkony:

- a) ukazují rychlost v km.h^{-1}
- b) provádějí spínání elektrických kontaktů v závislosti na rychlosti nebo na ujeté dráze

Podle typu registračního rychloměru se používají tyto rychloměřové proužky:

- a) rychloměřový proužek o šířce 50mm pro typ rychloměru Hausshälter,
- b) rychloměřový proužek o šířce 55mm pro typy rychloměrů Hasler – 0 a ČSD – Tb,
- c) rychloměřový proužek o šířce 70 mm pro typ rychloměru M.F.U. – 48,
- d) rychloměřový proužek o šířce 102 mm pro typy rychloměrů TELOC – Hasler a METRA



Obr.č.1: Ukázka rychloměrného proužku pro typ METRA.

Zdroj: [3]

Účelem registračního rychloměru je:

- ukazovat rychlost v km.h^{-1} , kterou se hnací vozidlo pohybuje. Rychlost se odečítá na stupnici číselníku, po níž se pohybuje ručička,
- trvale zaznamenávat na rychloměrový proužek nebo na kotouč s barevnou vrstvou hlavní údaje o průběhu jízdy.

Pohon rychloměru je odvozen od dvojkolí hnacího vozidla. Převod je uspořádán tak, aby rychloměr ukazoval správnou rychlost s určitou dovolenou tolerancí přesnosti přístroje přibližně při středně ojetých obručích, tj. při střední tloušťce mezi největší a nejmenší dovolenou tloušťkou obruče. Například při nových obručích ukazuje a registruje rychloměr rychlost menší, než kterou vozidlo ve skutečnosti právě jede. Při obručích méně než středně ojetých je tomu naopak, rychloměr ukazuje rychlost větší. Odchylka je závislá na velikosti průměru kol hnacího vozidla. Maximální odchylka může činit asi $\pm 4\%$ registrované rychlosti.

Před vložením rychloměrového proužku do rychloměru je nutno se přesvědčit, zda konečná rychlost měřícího rozsahu vyznačená na číselníku souhlasí s nejvyšší rychlostí na rychloměrovém proužku.

1.4.1 Mechanický registrační rychloměr METRA (Blansko)

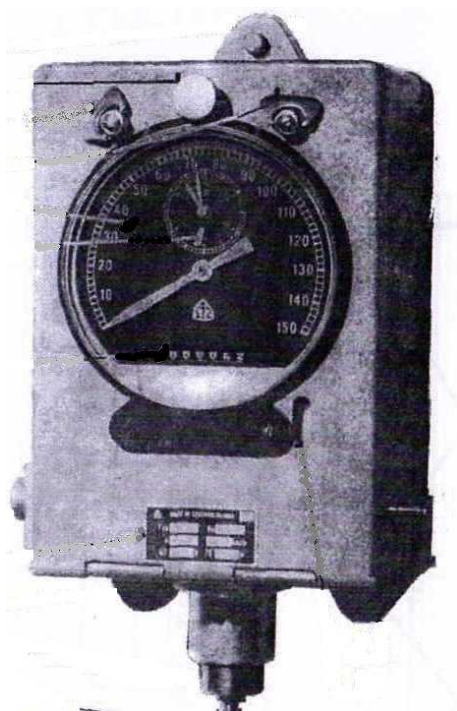
„Registrační rychloměr typu METRA 610 (611 a E611) slouží k registraci rychlosti času, dráhy a jiných provozních veličin na hnacím vozidle. Měření není závislé na směru jízdy, je založena na mechanickém principu.“ [1]

Rychloměr METRA podle [1] měří a ukazuje:

- rychlost v km.h^{-1} ,
- čas v minutách a hodinách,
- ujetou dráhou v km,

Registruje:

- rychlost v km.h^{-1} ,
- čas při jízdě a při stání v minutách,
- ujetou dráhou v km,
- tlak v hlavním potrubí vlakové brzdy
- směr jízdy,
- zapnutí vlakového zabezpečovače a přenos návěstního pojmu STŮJ na kódovaných tratích .



Obr. č. 2: Mechanický rychloměr (zobrazovací jednotka) typ Metra. Zdroj: [3]

Poznámka: Typ 662 (Laboratorní přístroje), který v experimentu uvádím, má vlastnosti a funkce stejné jako rychloměr typu Metra. Výrobce dnes již neexistuje, a proto neuvádím podrobnější údaje.

1.5 Registrační rychloměry elektronické

Nejčastěji dnes používané elektronické rychloměry v ČR jsou rychloměry řady RE1xx (výrobce Unicontrols) a Metra Blansko.

1.5.1 Elektronický registrační rychloměr typu Metra Blansko

Elektronická rychloměrová souprava (lokomotivní tachograf) umožňuje měření a záznam ujeté dráhy a rychlosti kolejových vozidel. Mimo to zaznamenává další informace o provozu vozidla v závislosti na dráze a na čase. Dále jsou k dispozici výstupní signály, které mají určenou závislost na dráze a na rychlosti.

Součástí soupravy jsou i komunikační a indikační jednotky umístěné na stanovištích strojvedoucího sloužící především k zobrazování rychlosti a k zadávání statistických údajů. Informace o pohybu vozidla jsou získávány ze snímače otáček nebo z jiného přístroje umístěného na vozidle (centrální zpracování údajů o pohybu vozidla).

Rychloměrová souprava se skládá z několika konstrukčních celků:

- snímače otáček (LTV) a tlaku (TMG)
- měřicí a záznamové jednotky (LTE)
- komunikační a indikační jednotky (LTZ)
- propojovací skřínky (LTS)
- příslušenství k jednotkám (LTV, LTE, LTZ)

Způsob záznamu měřených hodnot do polovodičové paměti představuje největší změnu oproti mechanickým rychloměrům, kde byl záznam prováděn na papírový pás. Záznam do polovodičové paměti umožňuje zjednodušit sběr záznamů jízd, jejich vyhodnocování a podstatnou měrou zabránit dodatečné změně záznamů. Stahování a vyhodnocování zaznamenaných parametrů jízdy se uskutečňuje pomocí příslušného softwaru na počítači. Pro tyto účely jsou samostatně nabízeny vyhodnocovací programy (například program TGR).

Elektronická rychloměřová souprava v základní konfiguraci podle [7] :

A) zaznamenává:

- výrobní číslo rychloměřové soupravy
- statistické evidenční číslo vozidla
- domovskou služebnu vozidla
- průměr dvojkolí vozidla
- statistické evidenční číslo strojvedoucího
- domovskou služebnu strojvedoucího
- druh vlaku
- číslo vlaku
- hmotnost vlaku
- délku vlaku
- režim brzdění
- brzdící procenta
- čas a datum
- ujetou dráhu
- skutečnou rychlost vozidla
- maximální dovolenou rychlost vozidla
- tlak v průběžném potrubí
- nesouhlas skutečného směru jízdy s předvoleným
- případně analogové signály
- dvoustavové signály
- některé diagnostické údaje

B) zobrazuje:

- skutečnou rychlost vozidla
- předvolenou rychlost vozidla
- maximální dovolenou rychlosti vozidla
- reálný čas
- ujetou dráhu
- zadávané statistické údaje
- zprávy systému strojvedoucímu
- základních diagnostických údajů

C) generuje výstupní signály:

- dráhové
- rychlostní
- nulové rychlosti
- závislé na směru jízdy

Komunikační a indikační jednotka trvale zobrazuje na pseudoanalogovém displeji:

- skutečnou rychlost vozidla
- předvolenou rychlost vozidla
- maximální konstrukční rychlost vozidla

Na alfanumerickém displeji je možné stiskem příslušného tlačítka zobrazit:

- reálný čas a datum
- ujetou dráhu
- skutečnou rychlost vozidla
- zprávy systému strojvedoucímu

Obsluha (strojvedoucí) komunikuje s tachografem pomocí klávesnice a alfanumerického displeje komunikační a indikační jednotky. Zvolením některé funkce zadávání dat obsluha sdělí systému požadované statistické a evidenční údaje; zadávat je nutné jen ty údaje, které je zapotřebí aktualizovat v paměti soupravy. Zadávání dat se uskutečňuje pouze za klidu vozidla v režimu “ZADÁVÁNÍ DAT”. Zadávání je ukončeno stisknutím příslušného tlačítka nebo rozjezdem vozidla. Tachograf přechází do režimu “JÍZDA”. Po zapnutí napájení je souprava v režimu “JÍZDA”.

Měřicí a záznamová jednotka, komunikační a indikační jednotka a snímač tlaku jsou instalovány uvnitř vozidla. Snímač otáček je obvykle umístěn na jednom krytu osy nápravy vozidla. Propojovací skříňka je montována na rámu vozidla. Připojení jednotek na palubní síť vozidla a principiální funkční bloková schéma soupravy jsou uvedena v obchodní dokumentaci příslušné soupravy.

1.6 Korekce průměrů dvojkolí

1.6.1 Měření průměru dvojkolí

Pavouk je elektronické měřicí zařízení určené pro přesná zjištění průměru kol drážních vozidel. Průměr kola není přístrojem přímo měřen, ale je vypočten ze vzepětí měřeného na tříbodové symetrické tětivě délky 300 mm. Toto vzepětí je měřeno kontaktně ve vzdálenosti 70 mm pro drážní vozidla od vnitřní plochy obruče kola.

Naměřené hodnoty jsou zobrazovány na LCD displeji absolutního digitálního snímače.

Absolutní snímač je schopen zapamatovat si nastavení nulové hodnoty z kalibrace.

Pro průměry kol od 640 mm do 2250 mm použijeme přesný kalibrační hranol 10 mm. Pro průměry kol od 500 mm do 900 mm použijeme přesný kalibrační hranol 20 mm.

K změřené hodnotě vzepětí pak samozřejmě přičítáme i příslušnou hodnotu odpovídající použité přesnému kalibračnímu hranolu (10 mm, alternativně 20 mm) [5].



Obr. č. 3: Měření průměru kol Pavoukem při experimentu.

Tabulka 1: Hodnoty uvedené výrobcem po kalibrování měřidla.

	Průměr ložisek $d_{1support}$ a $d_{2support}$ [mm]	Vzdálenost $L_{vnitřní}$ [mm]
Vypočtená průměrná hodnota	18,992	280,940
Vypočtená osová vzdálenost L	$L = L_{vnitřní} + (d_{1support} + d_{2support}) : 2$	299,932

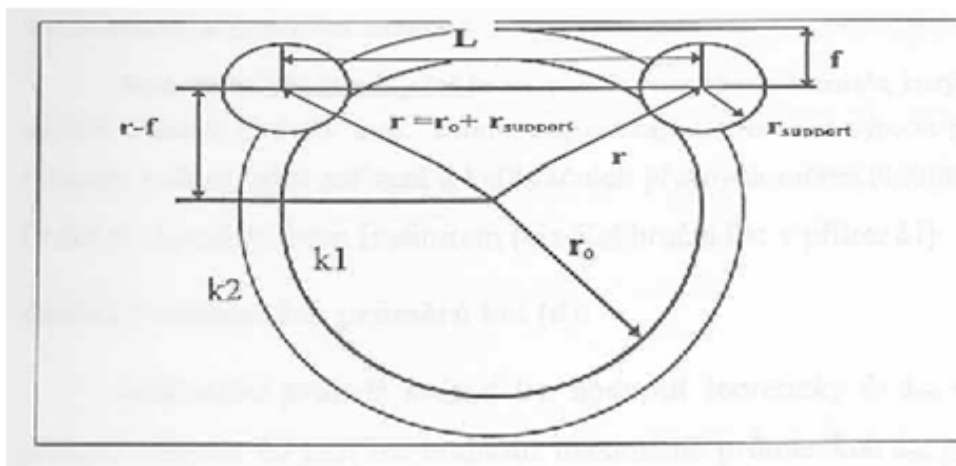
1.6.2 Výpočet skutečného průměru kola d_0

Výpočet průměru kola ze změřeného vzepětí se provede podle zdroje [4] ze vzorce (1)

$$d_0 = 2r_0 = 2 \cdot \left(\frac{f^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2}{2 \cdot f} - r_{support} \right) \quad [\text{mm}] \quad (1)$$

Kde:

- r_0 [mm] vypočtený poloměr kola v místě styčné kružnice k_1 - obr. 4,
- d_0 [mm] vypočtený průměr kola v místě styčné kružnice k_2 - obr. 4,
- $k_2 = k_1 + r_{support}$ kružnice procházející osami ložisek použitá pro stanovení celkového vzepětí f ,
- L [mm] změřená osová vzdálenost ložisek vytvářejících krajní body tříbodové symetrické tětiny, standardně je vzdálenost cca 300 mm,
- f [mm] celkové vzepětí ($f = f_{měřené} + C_i$), získané jako součet vzepětí kola změřeného Pavoukem
- $r_{support}$ [mm] poloměr ložisek vytvářejících krajní body tříbodové symetrické tětiny v mm, standardně je poloměr 9,5 mm,
- $f_{měřené}$ a příslušné hodnoty ($C_i = 10$ mm, 20 mm či 30 mm) odpovídající přesné měrce použité při kalibraci nulové hodnoty měřicího přístroje.



Obr. č. 4: Princip stanovení vzepětí f a výpočtu poloměru kola r_0 . Zdroj: [4]

1.6.3 Korekce skutečného průměru dvojkolí

Korekce se provádí za účelem zjištění skutečně ujeté dráhy a dosažení rychlosti DHV. Provádí se přepočtem mezi hodnotou nastaveného průměru dvojkolí a hodnotou změřenou a následně vypočtenou pomocí vzorce (1).

Koeficient pro přepočet dráhy a rychlosti zjistíme podle vzorce (2)

$$k = \frac{d_0}{d_n} [1] \quad (2)$$

Kde:

d_0	[mm]	vypočtený průměr dvojkolí
d_n	[mm]	přednastavený průměr dvojkolí na rychloměru

2. Charakteristika možností analýzy pohybu z jeho záznamu registračními rychloměry

2.1 Vyhodnocování jízdních proužků

Po ukončení služby odtrhne strojvedoucí ze svitku část rychloměrového proužku se záznamem a na jeho pravém okraji napíše následující údaje:

- řadu a číslo hnacího vozidla,
- číslo registračního rychloměru,
- číslo vlaku (zachová pořadí, ve kterých jely)
- trať projetou každým vlakem zkratkou výchozí a cílové stanice,
- datum jízdy vlaku, při překročení půlnoci datum obou dnů
- doplní počátečný a koncový stav elektromagnetického počítadla vlakového zabezpečovače,
- své jméno a statistické číslo.

Rozbor záznamů rychloměrových proužků provádí technický pracovník lokomotivního depa pověřený touto činností náčelníkem lokomotivního depa. Porovnává průběh jízdy registrovaný na proužku s údaji podle tzv. traťové šablony, a s údaji podle příslušného sešitového jízdního řádu. Kontroluje, zdali byla při jízdě vlaku dodržena konstrukční rychlost hnacího vozidla, dále trvala a dočasná omezení traťové rychlosti, případně i jiné omezující podmínky.

Při rozborech záznamů rychloměrových proužků se posuzuje správná funkce zapisovacího zařízení registračního rychloměru, tj. zda například posuv a navíjení rychloměrového proužku, označení jehlami nebo pisátky probíhalo podle předepsaného způsobu. Není-li tomu tak, určí se a započítávají se vzniklé odchylky

Rozbor záznamu rychloměrového proužku můžeme podle rozsahu a důležitosti chápat jako:

- a) rozbor záznamu při běžné kontrole parametrů jízdy vlaku,
- b) rozbor jako podrobnou analýzu záznamu rychloměrového proužku

Při konečném vyhodnocení záznamu a předložení výsledků rozboru se plně respektují veškeré odchylky v registraci jednotlivých veličin.

Ad a) Rozbor záznamu pro běžnou potřebu

V daném případě jde o zjišťování základních údajů registrace, tj. vyhodnocování parametrů jízdy vlaku pro potřebu lokomotivní služby v lokomotivním depu.

Při tom se například zjišťuje:

- jízdní doba mezi dvěma zastaveními,
- rychlost v určitém místě trati,
- dodržování předepsané rychlosti určitého vlaku,
- dodržování traťové rychlosti včetně trvalých i dočasných omezení,
- doba pobytu při zastavení vlaku nebo místa zastavení,
- začátek nebo konec traťového výkonu nebo posunu,
- začátek nebo konec pobytu ve stanici nebo provozní přestávky,
- místo a doba při mimořádném zastavení vlaku
- rušení jízdy vlaku u hlavních návěstidel,
- směr jízdy a jeho změna,
- zapojení mobilní části LVZ do činnosti,
- okamžik účinku průběžné brzdy a další jiné údaje.

Ad b) Podrobný rozbor záznamu rychloměrového proužku

Spočívá v podrobné analýze pohybu vlaku, přičemž pro objasnění jednotlivých fází jízdy vlaku se využívá pouček z vlakové mechaniky. Podrobnou analýzu rychloměrového proužku provádí zpravidla pracovníci s vyšší odbornou kvalifikací. Podrobný rozbor se požaduje zejména při zjišťování pohybu vlaku v souvislosti s železniční nehodou nebo při ověřování skutečných parametrů jízdy a technologie vedení vlaku při normálních nebo zvláštních podmínkách.

V takových případech se mimo základní rozbor například zjišťuje:

- tažná síla vozidla v určitém okamžiku jízdy vlaku,
- zařazení jízdního stupně nebo účinku brzdění v určité fázi jízdy,
- hodnota vozidlového odporu vlaku,
- hodnota rozjezdového zrychlení nebo zpomalení vlaku,
- okamžik zařazení nebo vyřazení jízdního stupně, případně uvedení brzdy v činnost aj.

Korekce a úpravy výpočtů

Rozbor záznamu rychloměřového proužku o šířce 102 mm typu HASLER nebo METRA (dále jen rozbor proužku) lze rozdělit do tří úseků:

- a) provedení kontroly základních údajů o jízdě vlaku,
- b) stanovení odchylek v registraci veličin,
- c) analýza záznamu.

Ad a) provedení kontroly základních údajů o jízdě vlaku

Provedení této kontroly je jedním z důležitějších úkonů při rozboru proužku. Je tím míněno především zjištění a ověření pravosti údajů napsaných na okrajích rychloměřového proužku, které napsal strojvedoucí podle ustanovení č. 23 předpisu V8.

Zvláštní pozornost je nutno věnovat při rozboru takovému proužku, kde předepsané údaje jsou neúplné. Neověření údajů může vést k nesprávným závěrům rozboru. Veškeré pomocné záznamy a poznámky na proužku se musí provádět tak, aby původní registrace veličin zůstala nedotknuta.

Ad b) stanovení odchylek v registraci veličin

Správnost vyhodnocení záznamu rychloměřového proužku závisí mimo jiné na správnosti provedení záznamu a přesném odečtení registrovaných veličin. Registrace nemusí být do rastru proužku zapsána zcela přesně podle předepsaných zásad a podmínek, a proto je důležité zjistit vzniklé odchylky základních poloh pisátek od základních (nulových) čar stupnic na rychloměřovém proužku.

Před provedením vlastního rozboru proužku se provede zjištění odchylek od předepsaného způsobu registrace a numericky se určí korekce jednotlivých registrovaných veličin. Zjištěné odchylky se započítávají při konečném vyhodnocování záznamu.

Pro stanovení odchylek a určení numerických korekcí se provedou následující kontroly:

- kontrola totožnosti rozsahu rychlostní stupnice rychloměřového proužku a měřícího rozsahu číselníku rychloměru,
- kontrola správnosti rychlostního záznamu,
- kontrola správnosti časového záznamu,
- kontrola vzájemné polohy minutového a rychlostního pisátka,

- kontrola dráhového záznamu,
- kontrola záznamu ostatních veličin doplňkové registrace.

Ze současně používaných rychloměrných proužků můžeme snadno určit zpomalení nebo zrychlení vlaku. Nejdříve si musíme určit měřítko rychlostí na rychloměrném proužku. Při výšce rychlostního záznamu $x_r = 40\text{mm}$ a nejvyšší dovolené rychlosti na záznamu $V_{\max r} = 120 \text{ km.h}^{-1}$ bude měřítko rychlosti:

$$n = \frac{x_r}{V_{\max r}} = \frac{120}{40} = 3 \text{ [km.h}^{-1}] \quad (3)$$

n ... každému milimetru výšky odpovídá přírůstek rychlosti 3 km.h^{-1} . [1]

2.2 Zpřesnění analýzy záznamu pohybu DHV

U vozidel s elektronickými rychloměry nejsou následující body postupu nutné vykonat, neboť výpis dat je již digitalizován a pomocí software ho lze snadno pouze převést či zkopírovat do tabulkového procesoru. U mechanického rychloměru již toto nelze, a proto musíme postupovat následujícími body [6].

2.2.1 Technické prostředky

Pro vytvoření digitálního obrazu záznamu je nutné zařízení typu scanner, který je schopen v součinnosti s počítačem vytvořit rastrový soubor, který obsahuje bitový obraz posuzovaného záznamu v rozlišení minimálně 300 dpi.

Pro snadnější optické rozlišení jednotlivých částí obrazu záznamu je vhodné obraz realizovaný alespoň v podání 256 barev.

Pro požadovanou rektifikaci získaného obrazu se využívají programová vybavení pro zpracování a úpravu souborů v rastrové grafice. Software musí podporovat rotaci obrazů v kroku minimálně $0,1^\circ$.

Při dalším zpracování obrazu záznamu se využívá software na bázi tabulkových procesorů, který musí plnit tyto požadavky:

- grafy zobrazující body tvořené dvojicí hodnot v pravoúhlém souřadném systému;
- tvorba interaktivně upravovatelných grafů;

- grafy s pozadím v rastrové grafice;
- možnost vytváření uživatelských programovacích frekvencí.

Pro rektifikaci obrazu záznamu jsem použil program Malování, pro tabulkové zpracování pak program Microsoft Excel ze sady balíčku Office 2007.



Obr. č. 5: Ukázka nosiče záznamu (vlevo) a obrazu záznamu.

Zdroj: [6]

2.2.2 Metodika určení parametrů bodů záznamu

A) Digitalizace záznamu

Vzniká jí rastrový obraz záznamu parametrů pohybu vozidla, zaznamenaný původně na papírovém nosiči – rychloměrném proužku. Vzniklý obraz je základním vstupním podkladem pro další činnosti. Vzniklý obraz musí zachycovat všechny podstatné části záznamu.

B) Rektifikace záznamu

Aby bylo možno použít souřadnic posuzovaných bodů pro stanovení charakteristik bodů analyzovaných průběhů, je nutno zajistit, aby obraz předtisku z nosiče záznamu byl rovnoběžný se souřadným systémem grafického prostředí, ve kterém bude probíhat odečet souřadnic bodů obrazu.

C) Příprava grafického prostředí

Spočívá ve vytvoření základu vyhodnocovací tabulky a grafu, zobrazujícího body definované x a y souřadnicí v pravoúhlém souřadném systému.

Před vlastní analýzou je nutno provést některé postupy, potřebné pro stanovení měřítek a definování mřížky obrazu. Poté následuje adjustace záznamu.

D) Rozsah, měřítko, mřížka obrazu

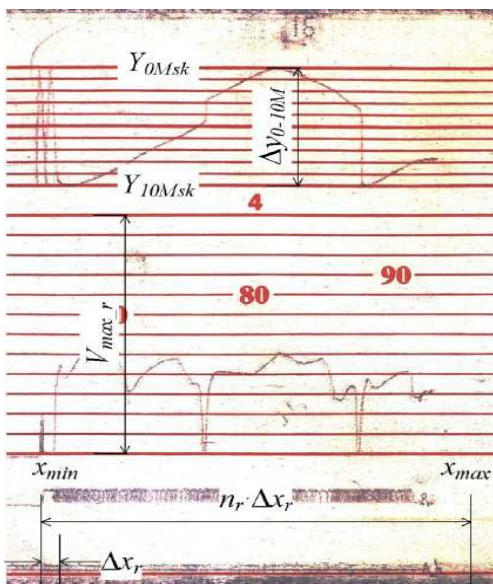
V této části přípravy je nutno pro připravený graf stanovit rozpětí vodorovné pořadnice, který odpovídá posunu rychloměrného proužku a svislých pořadnic, které budou popisovat hodnotu rychlosti pro rychlostní záznam a minutový záznam pro stanovení času.

Měřítka posunu m_{xmm} se stanoví pomocí vzdálenosti vpichů zachycených v obraze záznamu. U nejčastěji používaných rychloměrů Metra a Hasler je deklarovaná hodnota vzdálenosti vpichů dána předpisem (V8) $\Delta x_r = 2,5 \text{ mm}$

Rozsah mezí osy posunu x jsou tvořeny hodnotami:

$$x_{min} = 0 \quad [\text{mm}]$$

$$x_{max} = n_r \Delta x_r \quad [\text{mm}] \quad (4)$$



Obr. č. 6: Souřadný systém a meze obrazu záznamu. Zdroj: [6]

Přímé použití dráhového měřítka u této osy není možné z důvodů střídání dráhového a časového posunu záznamu.

Rozsahy na svislých osách se stanoví s ohledem na rozměrové charakteristiky záznamových polí nosiče záznamu. Pro osu obrazu rychlosti jsou meze:

$$y_{Vmin} = 0 \quad [\text{km.h}^{-1}]$$

$$y_{Vmax} = V_{max\ r} \quad [\text{km.h}^{-1}]$$

kde $V_{max\ r}$ je rozsah záznamu rychlosti zjištěný z potisku nosiče záznamu.

Pro osu obrazu minutového záznamu je:

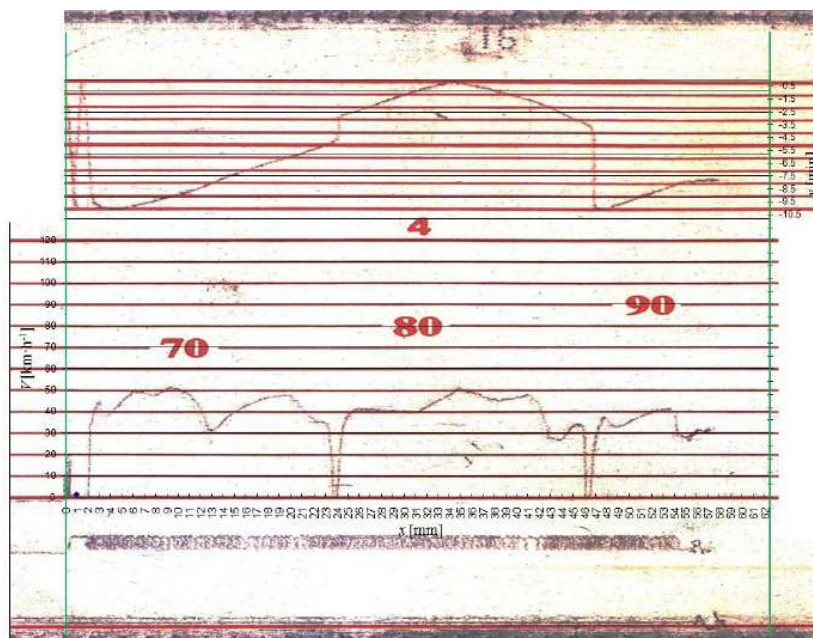
$$y_{Mmin} = -10 \quad [\text{min}]$$

$$y_{Mmax} = 0 \quad [\text{min}]$$

Tyto hodnoty jsou dány způsobem a orientací minutového záznamu.

Na základě stanovení rozsahů jednotlivých pořadnic a následně vygenerované mřížce se provede interaktivní přizpůsobení rozsahů ve směru osy x a y obrazu předtisku záznamu. Zde je možno zohlednit posun skutečného záznamu rychlosti a minutového záznamu k tomuto předtisku.

Tímto krokem vznikne základní souřadný systém pro určování charakteristik bodů záznamu (Obr. 7).



Obr. č. 7: Nastavený souřadný systém pro analýzu záznamu.

Zdroj: [6]

E) Adjustace záznamu

Před vlastním použitím takto připravených podkladů je nutno provést adjustaci záznamu, při které se ověřuje:

- a) porovnání skutečného rozsahu rychloměru V_{max_sk} s rozsahem předtisku záznamu V_{max_r} . Výsledek tohoto postupu adjustace slouží k deklarování skutečné hodnoty maximální rychlosti y_{Vmax} na ose y rychlostního záznamu;
- b) vzájemný posun záznamu rychlosti a minutového záznamu, vyjádřený hodnotou Δx_{VM} . Tato hodnota je vzhledem k použitému měřítku osy x vyjádřena v hodnotě posunu nosiče záznamu, tj. v milimetrech;
- c) posunutí polohy nulové rychlosti Δy_{V0} ;
- d) posunutí Δy_{0-10M} , mezi minutového záznamu Y_{0Msk} a Y_{10Msk} a rozpětí

$$\Delta y_{0-10M} = Y_{10Msk} - Y_{0Msk} \quad [\text{min}] \quad (5)$$

- e) stanovení vztažné polohy pro určení ujetých drah a poloh posuzovaných bodů obrazu záznamu. Zde je nutno deklarovat bod X_0 na obraze rychlostního záznamu, jehož skutečná kilometrická poloha L_0 [km] byla zjištěna ze souvisejících podkladů. Nejčastěji tímto bodem bývá bod rozjezdu vozidla z identifikovaného místa na dopravní cestě. Součástí tohoto postupu je stanovení směru pohybu vozidla ve vztahu k počátku tratě, který je pak charakterizován konstantou $k_{sj} = \{-1;1\}$

2.2.3 Stanovení parametrů analyzovaného bodu záznamu pohybu

Představují jej následující body:

- a) vytvoření dvojice bodů B_{Vi} a B_{Mi} v doprovodné tabulce listu tabulkového procesoru. Souřadnice y_{BVi} bude odhadnuta podle průběhu obrazu záznamu rychlosti, u odhadu hodnoty x_{BVi} bude využita vzdálenost vzhledem k vztažnému bodu X_0 . U hodnoty x_{BMi} bude pro její stanovení využita hodnota zjištěného posunutí rychlostního a minutového záznamu;
- b) generování zobrazení této dvojice bodů do grafu obrazu záznamu. Zde je nutno interaktivně, pomocí nástrojů grafu tabulkového procesoru, nastavit grafické atributy bodů zobrazení této dvojice bodů pro jejich snadnou identifikaci;

c) interaktivní umístění dvojice bodů na požadované místo obrazu průběhu záznamu. Výsledkem tohoto postupu je změna hodnot souřadnic x_{Vi} , y_{BVi} , x_{BMi} a y_{BMi} bodů B_{Vi} a B_{Mi} spojených vazbou;

d) výpočet parametrů analyzovaného bodu obrazu záznamu spočívá v převodu výsledných souřadnic bodů B_{Vi} a B_{Mi} na požadované charakteristiky.

Pro bod popisující průběh rychlosti B_{Vi} jimi jsou:

okamžitá rychlost V_{BVi} , kde:

$$V_{BVi} = y_{BVi} \quad [\text{km.h}^{-1}]$$

poloha bodu L_{BVi} :

$$L_{BVi} = L_0 - (x_{BVi} - x_0 - \sum \Delta x_{TP}) \cdot m_{xmm} \cdot k_{sj} \quad [\text{km}] \quad (6)$$

kde:

x_0 [mm]	hodnota souřadnice x vztažného bodu X_0
$\sum \Delta x_{TP}$ [mm]	součet hodnot posuvu záznamu vlivem časového posunutí záznamu při stání vozidla mezi bodem X_0 a posuzovaným bodem B_{Vi}
m_{xmm} [km.h ⁻¹ /mm]	měřítka posuvu záznamu. Pro uvažovaný rychloměr je:
	$m_{xp} = \frac{0,5 \text{ km}}{2,5 \text{ mm}} = 0,2 \text{ km} \cdot \text{mm}^{-1}$
k_{sj} [1]	konstanta vyjadřující směr pohybu vozidla ve vztahu k počátku trati
	$k_{sj} = 1$ vozidlo se pohybuje směrem ke konci tratě;
	$k_{sj} = -1$ vozidlo se pohybuje směrem k začátku tratě

ujetá dráha $L_{BVi}(i-1, i)$ k bodu B_{Vi} :

$$L_{BVi}(i-1, i) = |L_{BVi} - L_{BVi-1}| \quad [\text{km}] \quad (7)$$

kde :

L_{BVi-1} [km] poloha předchozího posuzovaného bodu

2.3 Analýza dynamiky pohybu kolejových vozidel

Analýza dynamických charakteristik pohybu drážních vozidel [8] se zabývá:

- rychlostí vozidla [km.h⁻¹; m.s⁻¹]
- zrychlením vozidla [m.s⁻²]
- brzdou dráhou [m]

Dále se budu již zabývat pouze zrychlením vozidla, neboť rychlost vozidla u mechanického rychloměru zjistím pomocí předcházejících postupů z obrazu záznamu. U elektronického záznamu pak rychlost zjistím z výstupu vyhodnocovacího software. Brzdou dráhou se v práci pak nezabývám, zjišťuji pouze dráhu ujetou.

Pro výpočet zrychlení mezi dvěma body záznamu pohybu vozidla je možno použít vztah:

$$a = \frac{1}{2} \cdot \frac{v_0^2 - v_1^2}{\Delta s} \quad [\text{m.s}^{-2}] \quad (8)$$

Kde:

v_0	[m.s ⁻¹]	rychlost počátečního bodu výpočtu
v_1	[m.s ⁻¹]	rychlost koncového bodu výpočtu
Δs	[m]	dráha mezi koncovým a počátečním bodem výpočtu

3. Návrh a realizace experimentu pro porovnání záznamů prováděných různými záznamovými systémy na DHV

3.1 Návrh experimentu

Návrh experimentu spočívá ve vytvoření takového postupu a podmínek, abychom mohli co nejvěrohodněji posoudit a porovnat správnou funkčnost obou druhů rychloměrů. Abychom mohli porovnávat totožné údaje, je nutné, aby jízda proběhla se dvěma spřaženými DHV s různými druhy rychloměrů. Dále opatřit třetí nezávislý záznamový přístroj GPS.

Bude provedeno několik jízd dvou spřažených hnacích vozidel na přímém úseku, aby bylo možné posoudit také statisticky velikost odchylek v zaznamenané rychlosti a dráze. Každé z vozidel bude mít jiný druh registračního rychloměru (mechanický a elektronický). Úsek se bude projíždět oběma směry.

Po provedení jízd bude následovat zjištění skutečných průměrů kol na hnacích dvojkolích. Bude využit přístroj pro měření průměrů kol – Pavouk.

Následně se získají záznamy těchto jízd z obou rychloměrů, aby je bylo možno navzájem porovnat. Pro nezávislé porovnání těchto záznamů bude navíc využit přístroj GPS, který dokáže s přesností na 4 metry určit polohu místa zastavení.



Obr. č. 8: Spřažené lokomotivy určené k realizaci experimentu.

3.2 Realizace experimentu

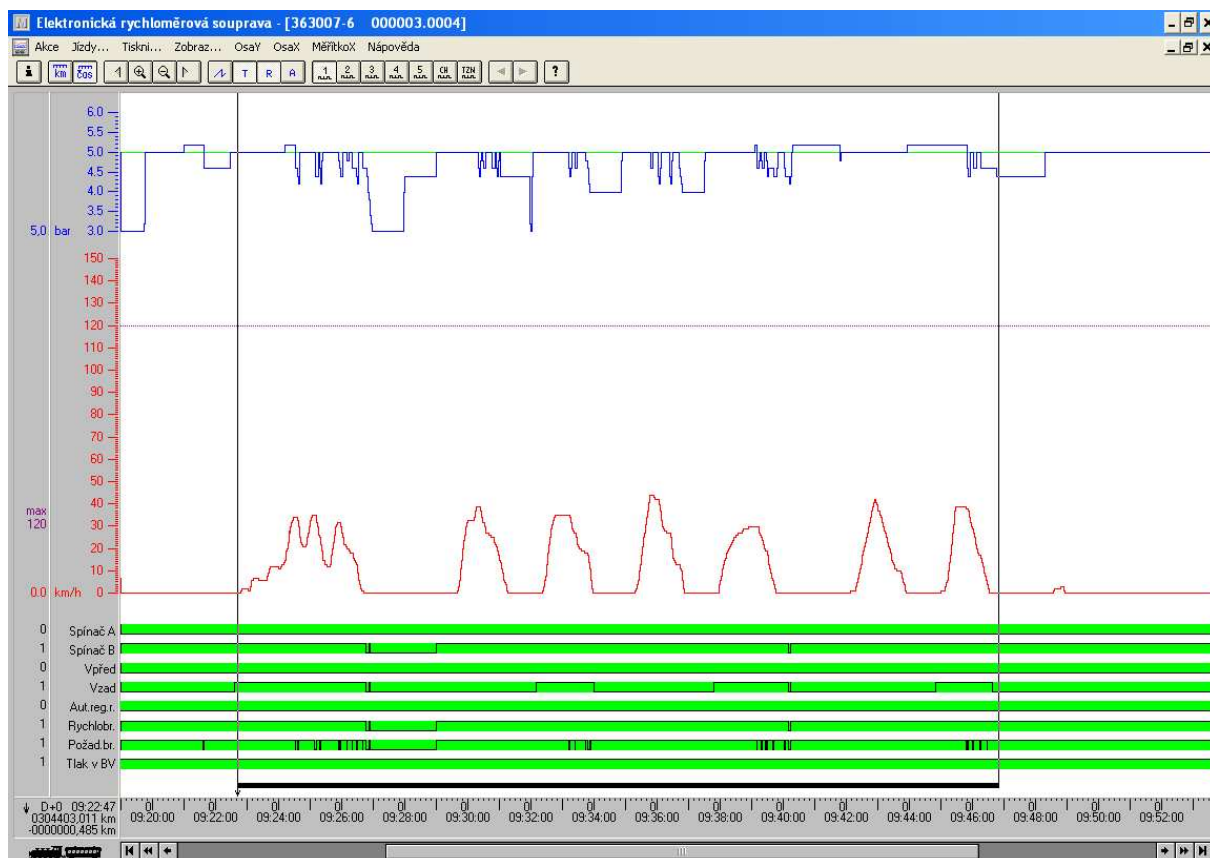
Experiment byl proveden v DKV Ostrava. Byl jsem spolu s vedoucím práce jeho účastníkem. Proběhl dne 8. 11. 2010. Byly zapůjčeny 2 různé typy lokomotiv s odlišnými druhy rychloměrů (elektronický – Metra Blansko; mechanický – typ 662). Pokus byl proveden na koleji 210 železniční stanice Ostrava hl. n.

Z tohoto pokusu v další kapitole porovnávám celkem 6 různých jízd. Všechny proběhly na stejné koleji. Liché jízdy byly vedeny LV řady 163 a sudé jízdy opačným směrem pak LV řady 363. Kolej 210 železniční stanice Ostrava hl.n. má délku necelých 800 m . Těchto 6 jízd budu dále porovnávat z jejich obrazů záznamů u mechanického rychloměru a výpisu dat z vozidla u elektronického rychloměru. Ke srovnání také použiji již dříve zmíněný nezávislý měřicí přístroj GPS.

Jízda vpřed (směr Ostrava hl.n => Ostrava Svinov) byla vedena lokomotivou řady 363, která má zabudovaný elektronický rychloměr typu Metra Blansko.



Obr. č. 9: Lokomotiva řady 363.



Obr. č. 10: Záznam jízdy rychloměru Metra Blansko .

Číslo tachografu 4001
 Číslo vozidla 363007-6
 Služebna vozidla 521005
 Průměr dvojkolí 1242 mm

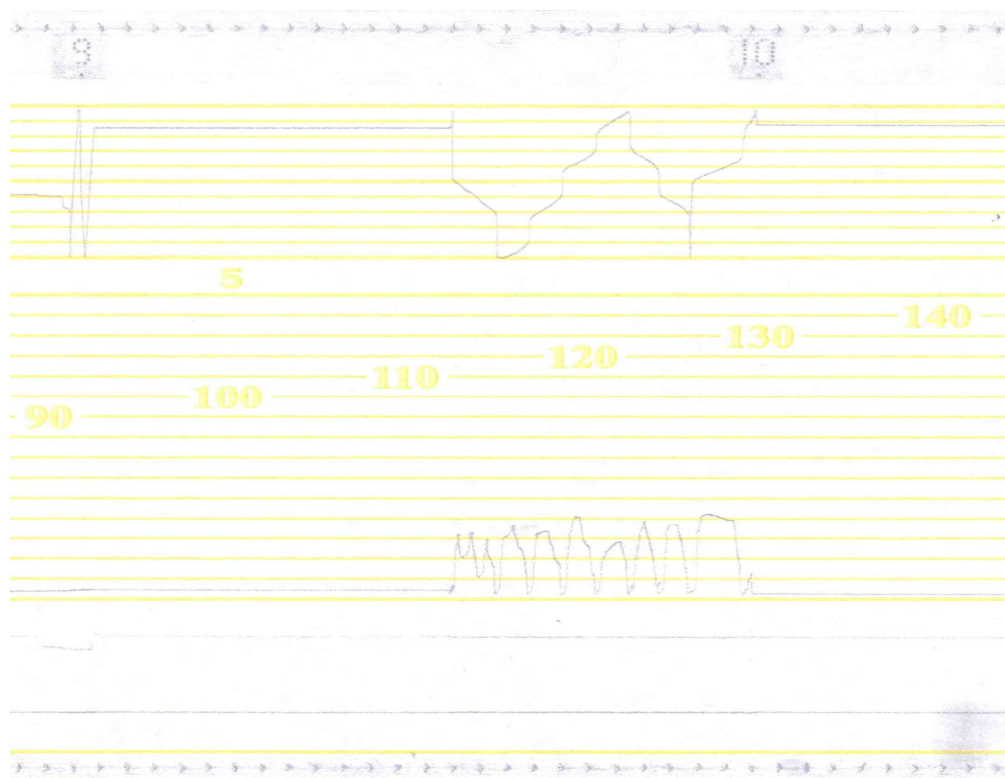
Číslo strojvedoucího 12
 Služebna strojvedoucího 131060
 Výchozí stanice 343640
 Druh vlaku
 Číslo vlaku 9.0
 Hmotnost vlaku 87 t
 Počet náprav 4
 Režim brzdění P
 Skutečná brzdící procenta 50%

Obr. č. 11: Textový výpis dat z jízdy vozidla řady 363.

Jízda vzad směr (Ostrava Svinov => Ostrava hl.n.) byla vedena lokomotivou řady 163, která má zabudovaný mechanický rychloměr typ 662 (Laboratorní přístroje)



Obr. č. 12: Lokomotiva řady 163.



Obr. č. 13: Obrázek záznamu jízdy rychloměru typu 662.

Následně bylo provedeno zjištění skutečného průměru kol, respektive ke změření celkového vzepětí. Dosazením tohoto vzepětí do vzorce (1) dostaneme skutečný průměr měřeného kola. Postup a výpočet uvádím v další kapitole.

4. Realizace porovnání záznamů

4.1 Výpočet korekce průměrů dvojkolí

Předtím, než bude provedeno vzájemné porovnání záznamů, je zapotřebí zjistit nastavení průměrů kol na rychloměrech a průměr kol skutečný.

4.1.1 Nastavený průměr kol (dvojkolí)

U elektronického rychloměru je údaj uvedený v textovém výpisu dat z jízdy vozidla viz obr. č. 12. tj. $d_{ne} = 1242$ mm.

Mechanický rychloměr je nastaven na střední průměr opotřebení dvojkolí tj. $d_{nm} = 1225$ mm.

4.1.2 Výpočet průměrů kol (dvojkolí) skutečného

Provedeme jej následně pomocí vzorce (1), do kterého vyjádříme hodnotu vypočtené osové vzdálenosti L - zjištěné výrobcem podle tabulky 1.

Zvlášť provedeme výpočet průměru dvojkolí na vozidle s elektronickým rychloměrem (d_{0e}) a zvlášť pro ta s mechanickým (d_{0m}).

Změřené hodnoty f hnacího dvojkolí lokomotivy řady 363 (elektronický rychloměr):

$f_{ep} = 18,27$ mm ... pro pravé kolo

$f_{el} = 18,28$ mm ... pro levé kolo

pro výpočet se volí průměrná hodnota z těchto dvou hodnot tj. $f_e = 18,275$ mm,

$L = 299,932$ mm, $r_{\text{support}} = 9,5$ mm,

$$d_{0e} = 2 \cdot \left(\frac{18,275^2 + \left(\frac{299,932}{2} \right)^2}{2 \cdot 18,275} - 9,5 \right) = 1229,907 \quad [\text{mm}]$$

korekci průměrů určíme pomocí vzorce (2):

$$k_e = \frac{1229,907}{1242} = 0,99 \quad [-]$$

Změřené hodnoty f hnacího dvojkolí lokomotivy řady 163 (mechanický rychloměr):

$f_{mp} = 18,08 \text{ mm}$... pro pravé kolo

$f_{ml} = 18,08 \text{ mm}$... pro levé kolo

pro výpočet se volí průměrná hodnota z těchto dvou hodnot tj. $f_m = \mathbf{18,08 \text{ mm}}$,

$L = 299,932 \text{ mm}$, $r_{\text{support}} = 9,5 \text{ mm}$,

$$d_{0m} = 2 \cdot \left(\frac{18,08^2 + \left(\frac{299,932}{2} \right)^2}{2 \cdot 18,08} - 9,5 \right) = 1242,985 \quad [\text{mm}]$$

korekci průměrů určíme pomocí vzorce (2):

$$k_m = \frac{1242,985}{1225} = \mathbf{1,015} \quad [-]$$

Podle výsledků korekce vyplývá, že hodnoty elektronického rychloměru budou o vynásobenou hodnotu k_e menší a hodnoty mechanického rychloměru naopak o vynásobenou hodnotu k_m větší.

4.2 Rozbor záznamu rychloměrového proužku pro mechanický rychloměr a výpisu dat z elektronického rychloměru

4.2.1 Rozbor rychloměrového proužku

Postup tohoto rozboru je realizován z podkladů v kapitole 2.2, je o něco jednodušší, neboť pro určování polohy bodů jsem použil program Malování. Program umožňuje dostatečné zvětšení tohoto záznamu, abych mohl co nejvěrohodněji určit všechny důležité údaje o jízdě vozidla (čas, rychlost a ujetou vzdálenost).

Na obr. č. 14 si můžeme prohlédnout rozbor rychloměrového proužku při celkem 6 jízdách na již zmíněném úseku. Liché jízdy jsou vedeny LV řady 163 a sudé naopak LV řady 363. Proužek je rozdělen na několik částí. Zcela nahoře a dole jsou zobrazeny vpichy, které určují ujetou vzdálenost (rozdíl 2 vpichů činí ujetých 500 metrů daným vozidlem; $\Delta x_r = 2,5 \text{ mm}$).

Shora pod vpichy se nachází časová osa ($y_{Mmin} = -10$ [min] a $y_{Mmax} = 0$ [min]), každá rovnoběžná čára znamená 1 minutu záznamu (celkově 10 minut se zaznamená pisátkem například směrem dolů, poté dalších 10 minut zase směrem nahoru, takto se tento proces neustále opakuje). Stojí-li vozidlo, pisátko zapisuje čáru kolmo k minutovým hodnotám, jede-li vozidlo, pisátko zapisuje téměř lineárně (na obr. č. 14 vyznačeno zeleně).

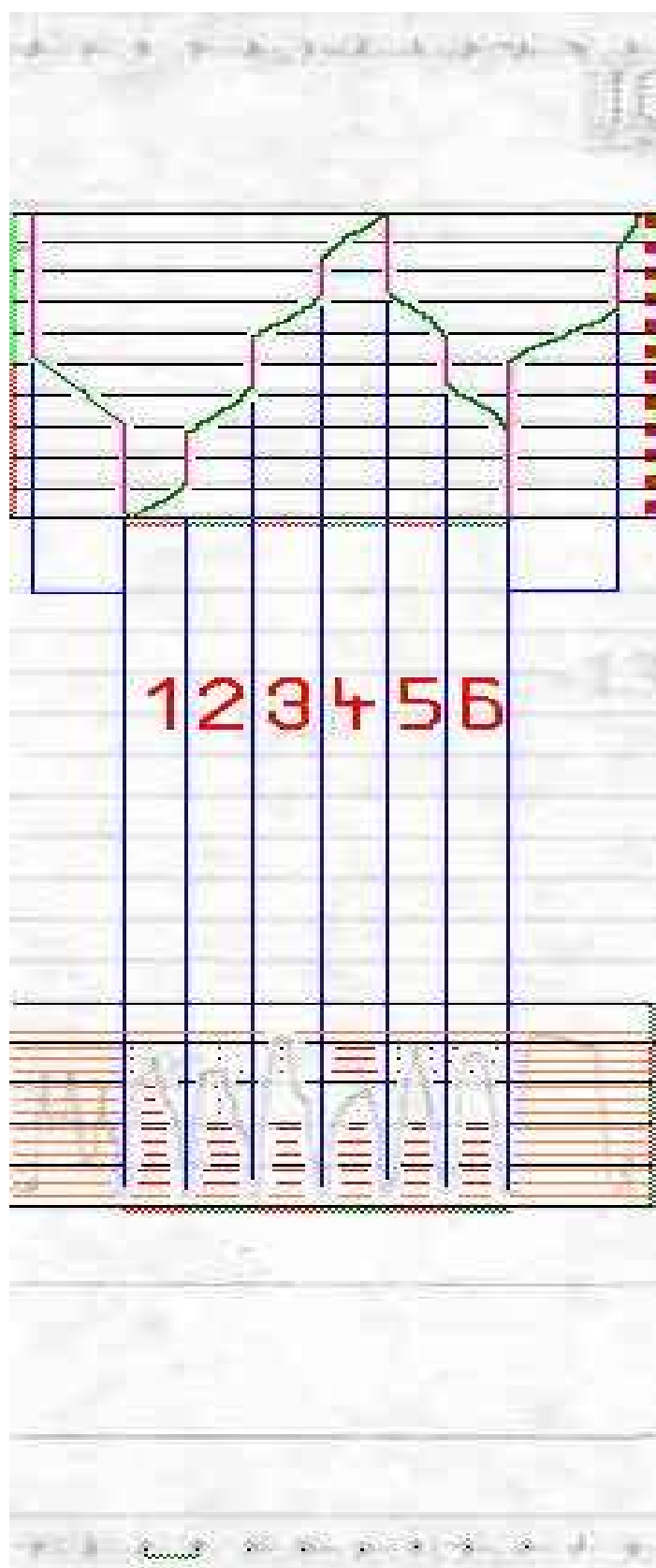
V dolní části je pak pisátko vyobrazen průběh dosažené rychlosti ($y_{Vmin} = 0$ [km.h⁻¹] a $y_{Vmax} = 120$ [km.h⁻¹] v závislosti na ujeté dráze. Posouzení průběhu času dokážu odhadnout v určitém okamžiku, jakou přibližnou rychlostí (\pm cca 1 km.h⁻¹) a jakou dráhu (\pm cca 10 m) vozidlo urazilo.

Na obr. č. 15 je poté přehlednější analýza jedné z jízd. Už na první pohled je patrné, že pisátko nezaznamenává rychlost menší než je asi 3 km.h⁻¹. Pokud ale vozidlo se pohybuje už vyšší rychlostí (více než 20km.h⁻¹), pak je záznam již mnohem přehlednější.

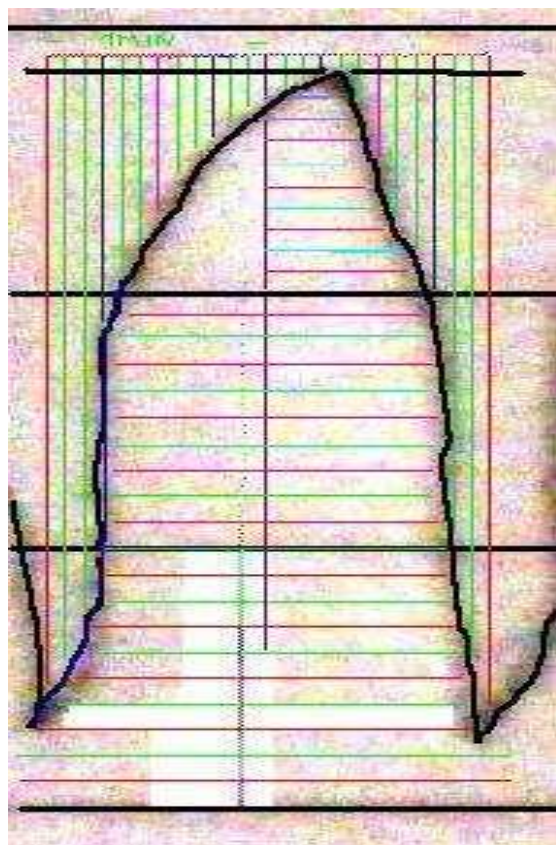
Z tohoto záznamu již může vzniknout nepřesnost a to jak nezapisováním velmi malou rychlost ale také možnost, že se pisátko byť jen o 0,5 mm vychýlí, může tím vzniknout v ujeté vzdálenosti rozdíl až 100 m ve skutečnosti.

4.2.2 Rozbor výpisu dat z jízdy vozidla

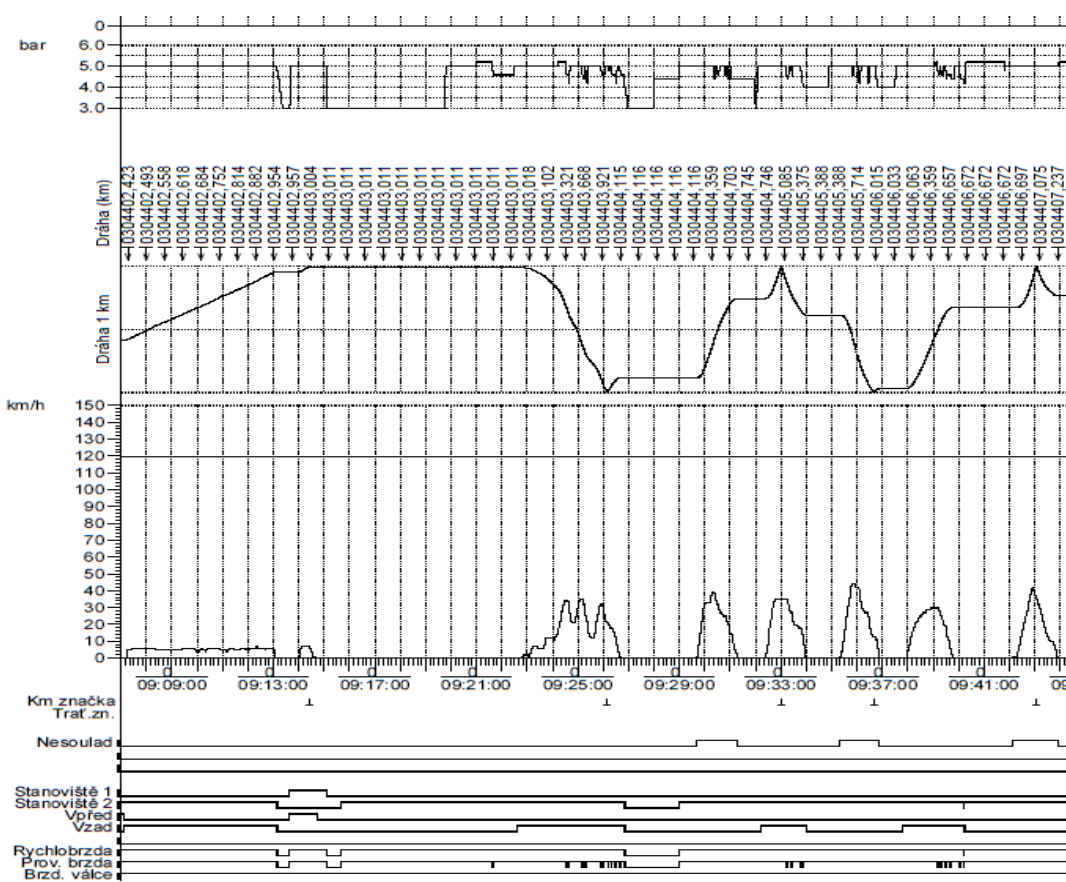
Díky zavedení rychloměrů elektronických odpadá nutnost tak podrobného rozboru jako je u rychloměrných proužků. Údaje o vozidle jsou zaznamenávány přímo do paměti záznamové jednotky, odkud se mohou kdykoliv stáhnout do přenosného PC a za pomoci vyhodnocovacího SW následně analyzovat. Na obr. č. 16 si můžeme prohlédnout grafický výstup dat z LV řady 363 a také textový výpis dat na obr. č. 17. Tato data jsem získal pomocí vyhodnocovacího programu TGR.



Obr. č. 14: Podrobný záznam rychloměrového proužku.



Obr. č. 15: Ukázka záznamu rychlosti jedné z jízdy.



Obr. č. 16: Grafický výpis z dat jízdy vozidla řady 363.

Ofset	Data	Den	Čas	Dráha	(data) Trať	Poloha	Tlak	Rych	Max
					4,4 ...	000	120	0000	00000111 000
000662	8a38	0	09:40:10	304406,672(0672)	-0002,872	...	...	...	...
000664	8a71	0	09:40:10	304406,672(0672)	-0002,872	...	...	...	...
000666	8c16	0	09:40:12	304406,672(0672)	-0002,872	4,2	...	...	...
000668	8d2a	0	09:40:13	304406,672(0672)	-0002,872	...	...	...	...
00066a	8d3e	0	09:40:13	304406,672(0672)	-0002,872	...	...	...	...
00066c	8d79	0	09:40:13	304406,672(0672)	-0002,872	...	...	...	...
00066e	8e22	0	09:40:14	304406,672(0672)	-0002,872	...	...	...	...
000670	8e17	0	09:40:14	304406,672(0672)	-0002,872	4,4	...	...	...
000672	8f18	0	09:40:15	304406,672(0672)	-0002,872	4,6	...	...	...
000674	8f19	0	09:40:15	304406,672(0672)	-0002,872	4,8	...	...	...
000676	8f1a	0	09:40:15	304406,672(0672)	-0002,872	5,0	...	...	...
000678	911b	0	09:40:17	304406,672(0672)	-0002,872	5,2	...	...	...
00067a	c269	0	09:41:00*	304406,672(0672)	-0002,872	...	...	...	...
00067c	b01a	0	09:41:48	304406,672(0672)	-0002,872	5,0	...	...	...
00067e	b019	0	09:41:48	304406,672(0672)	-0002,872	4,8	...	...	...
000680	b11a	0	09:41:49	304406,672(0672)	-0002,872	5,0	...	...	...
000682	c26a	0	09:42:00*	304406,672(0672)	-0002,872	...	...	...	...
000684	0801	0	09:42:08	304406,672(0672)	-0002,872	...	...	001	...
000686	8801	0	09:42:08	304406,672(0672)	-0002,872	...	...	...	...
000688	1102	0	09:42:17	304406,675(0675)	-0002,872	...	N.	002	...
00068a	1203	0	09:42:18	304406,675(0675)	-0002,872	...	N.	003	...
00068c	1304	0	09:42:19	304406,676(0676)	-0002,872	...	N.	004	...
00068e	1405	0	09:42:20	304406,677(0677)	-0002,872	...	N.	005	...
000690	1506	0	09:42:21	304406,679(0679)	-0002,872	...	N.	006	...
000692	1607	0	09:42:22	304406,680(0680)	-0002,872	...	N.	007	...
000694	1708	0	09:42:23	304406,682(0682)	-0002,872	...	N.	008	...
000696	1809	0	09:42:24	304406,684(0684)	-0002,872	...	N.	009	...
000698	190a	0	09:42:25	304406,687(0687)	-0002,872	...	N.	010	...
00069a	190b	0	09:42:25	304406,687(0687)	-0002,872	...	N.	011	...
00069c	1b0c	0	09:42:27	304406,693(0693)	-0002,872	...	N.	012	...
00069e	1b0d	0	09:42:27	304406,693(0693)	-0002,872	...	N.	013	...
0006a0	1d0f	0	09:42:29	304406,700(0700)	-0002,872	...	N.	015	...
0006a2	1e11	0	09:42:30	304406,704(0704)	-0002,872	...	N.	017	...
0006a4	1f12	0	09:42:31	304406,709(0709)	-0002,872	...	N.	018	...
0006a6	2013	0	09:42:32	304406,714(0714)	-0002,872	...	N.	019	...
0006a8	2114	0	09:42:33	304406,719(0719)	-0002,872	...	N.	020	...
0006aa	2215	0	09:42:34	304406,725(0725)	-0002,872	...	N.	021	...
0006ac	2316	0	09:42:35	304406,731(0731)	-0002,872	...	N.	022	...
0006ae	2417	0	09:42:36	304406,737(0737)	-0002,872	...	N.	023	...
0006b0	2518	0	09:42:37	304406,743(0743)	-0002,872	...	N.	024	...
0006b2	2619	0	09:42:38	304406,750(0750)	-0002,872	...	N.	025	...

Obr. č. 17: Textový výpis dat z jízdy vozidla řady 363.

4.3 Výpis dat ze zařízení GPS

Tento výpis zde uvádím jen jako informační a také pro lepší porovnání s danými rychloměry. U GPS se dokáže změřit poloha jakéhokoliv bodu záznamu s přesností na ± 3 m. Tahle skutečnost mi umožnila zjistit vzdálenost mezi bodem rozjezdu a bodem zastavení. Jelikož jsme s DHV jezdili po přímém úseku, jsou to také celkově ujeté vzdálenosti při jednotlivých pokusech. Na obr. č. 18 pak vidíme již transformovaný záznam GPS programem GPS Visualizer [9].

Záznam z GPS zaznamenává a zobrazuje hodnoty po vteřinách, a proto jsou data celkem věrohodná. Tento program nedokáže však zobrazit trasu, kterou DHV urazilo. K tomu je například navržen online program GPS Track Viewer, který díky mapám společnosti Google zobrazí fialovou přímkou trasu, kterou DHV projede.

datum a čas (+1hod)	souřadnice GPS		rychlost (km/h)	dráha (m)
2010-11-08 08:54:33	49.8427433	18.2498183		5.423
2010-11-08 08:54:34	49.8427466	18.2498266	2.5	5.423
2010-11-08 08:54:35	49.8427466	18.2498316	1.3	5.424
2010-11-08 08:54:36	49.8427483	18.2498399	2.3	5.424
2010-11-08 08:54:37	49.8427516	18.2498549	4.1	5.425
2010-11-08 08:54:38	49.8427600	18.2498783	6.9	5.427
2010-11-08 08:54:39	49.8427717	18.2499033	8.0	5.430
2010-11-08 08:54:40	49.8427865	18.2499316	9.4	5.432
2010-11-08 08:54:41	49.8428049	18.2499633	11.0	5.435
2010-11-08 08:54:42	49.8428249	18.2500032	13.1	5.439
2010-11-08 08:54:43	49.8428450	18.2500483	14.1	5.443
2010-11-08 08:54:44	49.8428700	18.2500982	16.3	5.447
2010-11-08 08:54:45	49.8428982	18.2501516	17.8	5.452
2010-11-08 08:54:46	49.8429283	18.2502099	19.3	5.458
2010-11-08 08:54:47	49.8429615	18.2502716	20.7	5.463
2010-11-08 08:54:48	49.8429983	18.2503383	22.6	5.470
2010-11-08 08:54:49	49.8430367	18.2504166	25.4	5.477
2010-11-08 08:54:50	49.8430799	18.2505033	28.3	5.485
2010-11-08 08:54:51	49.8431283	18.2505916	29.9	5.493
2010-11-08 08:54:52	49.8431783	18.2506900	32.3	5.502
2010-11-08 08:54:53	49.8432332	18.2507915	34.2	5.512
2010-11-08 08:54:54	49.8432900	18.2508999	36.0	5.522
2010-11-08 08:54:55	49.8433499	18.2510133	37.8	5.532
2010-11-08 08:54:56	49.8434132	18.2511350	40.3	5.543

Obr. č. 18: Záznam GPS zpracován v programu GPS Visualizer.

4.4 Tabulkové porovnání jízd DHV

Jelikož zpracované tabulkové soubory jsou poněkud rozsáhlé, uvádím pouze zjednodušenou verzi části jedné z jízd viz tabulka 2. Plná verze se všemi náležitostmi je přiložena v Excelovském souboru. Při výpočtech jsem hodnotil a porovnával právě nejdůležitější údaje o pohybu vlaku, kterými jsou: - ujetá vzdálenost, rychlost vozidel, doba jízdy a také zrychlení, které má taky vliv na dynamiku jízdy vlaku. Do následných grafů (grafy č. 1 až 12) započítávám již také korekci průměrů dvojkolí, která změní jak rychlost vozidla tak také ujetou dráhu.

Tabulka 2 Porovnání záznamů

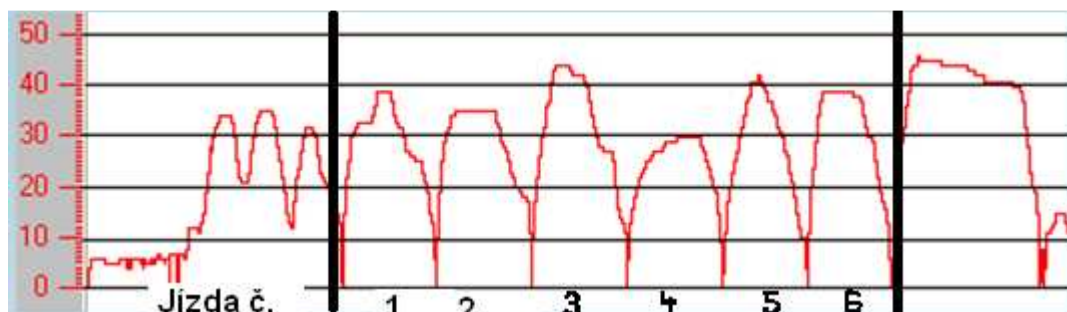
<i>t(s)</i>	ELE	<i>V_{kore}</i>	<i>v</i>	<i>a</i>	<i>S_{kore}</i>	<i>s</i>	MECH	<i>V_{korm}</i>	<i>v</i>	<i>a</i>	<i>s</i>	<i>S_{korm}</i>	GPS	<i>v</i>	<i>a</i>	<i>s</i>
0	9:35:17	0,00	0	0	0	0	9:35:54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9:35:17	0	0	0
1	9:35:18	0,28	0,28	0,14	0	0	9:35:55	0,85	0,83	0,42	1,00	1,01	9:35:18	0	0	0
2	9:35:19	0,55	0,56	0,21	0	0	9:35:56	0,85	0,83	0,00	2,00	2,03	9:35:19	0	0	0
3	9:35:20	0,55	0,56	0,00	0,99	1	9:35:57	1,13	1,11	0,24	3,00	3,04	9:35:20	0	0	0
4	9:35:21	0,55	0,56	0,00	1,98	2	9:35:58	1,13	1,11	0,00	4,00	4,06	9:35:21	0,61	0	0
5	9:35:22	1,10	1,11	0,42	2,97	3	9:35:59	1,41	1,39	0,25	5,00	5,07	9:35:22	0,72	0,07	1
6	9:35:23	1,10	1,11	0,00	3,96	4	9:36:00	1,41	1,39	0,00	6,00	6,09	9:35:23	0,75	0,02	2
7	9:35:24	1,65	1,67	0,46	4,95	5	9:36:01	1,69	1,67	0,25	8,00	8,12	9:35:24	1,03	0,25	3
8	9:35:25	2,20	2,22	0,49	7,92	8	9:36:02	1,69	1,67	0,00	10,00	10,15	9:35:25	1,69	0,91	4
9	9:35:26	2,75	2,78	0,50	9,90	10	9:36:03	1,97	1,94	0,26	12,00	12,18	9:35:26	2,31	0,41	7
10	9:35:27	3,03	3,06	0,27	12,87	13	9:36:04	2,25	2,22	0,26	14,00	14,21	9:35:27	2,92	0,53	10
11	9:35:28	3,58	3,61	0,51	15,84	16	9:36:05	2,54	2,50	0,26	17,00	17,25	9:35:28	3,61	0,76	13
12	9:35:29	4,13	4,17	0,52	19,81	20	9:36:06	2,96	2,92	0,39	20,00	20,29	9:35:29	4,36	0,60	18
13	9:35:30	4,68	4,72	0,52	23,77	24	9:36:07	3,38	3,33	0,39	23,00	23,34	9:35:30	4,67	0,34	22
14	9:35:31	4,95	5,00	0,27	28,72	29	9:36:08	3,95	3,89	0,52	27,00	27,40	9:35:31	4,94	0,27	27
15	9:35:32	5,78	5,83	0,77	33,67	34	9:36:09	4,51	4,44	0,52	31,00	31,46	9:35:32	5,47	0,46	33
16	9:35:33	6,05	6,11	0,27	39,61	40	9:36:10	4,79	4,72	0,27	36,00	36,53	9:35:33	5,97	0,48	39
17	9:35:34	6,88	6,94	0,78	45,55	46	9:36:11	5,07	5,00	0,27	41,00	41,60	9:35:34	6,67	0,73	45
18	9:35:35	7,15	7,22	0,27	52,48	53	9:36:12	5,36	5,28	0,27	46,00	46,68	9:35:35	7,08	0,41	52
19	9:35:36	7,43	7,50	0,27	59,42	60	9:36:13	5,50	5,42	0,14	51,00	51,75	9:35:36	7,22	0,12	60
20	9:35:37	8,25	8,33	0,79	66,35	67	9:36:14	5,78	5,69	0,27	57,00	57,84	9:35:37	7,83	0,58	68
21	9:35:38	8,53	8,61	0,27	75,26	76	9:36:15	6,20	6,11	0,40	63,00	63,92	9:35:38	8,78	0,98	76
22	9:35:39	8,80	8,89	0,27	83,18	84	9:36:16	6,76	6,67	0,53	70,00	71,03	9:35:39	8,67	-0,11	85
23	9:35:40	9,35	9,44	0,54	92,09	93	9:36:17	7,33	7,22	0,53	77,00	78,13	9:35:40	9,06	0,38	94
24	9:35:41	9,90	10,00	0,54	102,00	103	9:36:18	7,89	7,78	0,54	85,00	86,25	9:35:41	9,72	0,63	104

Vysvětlivky:

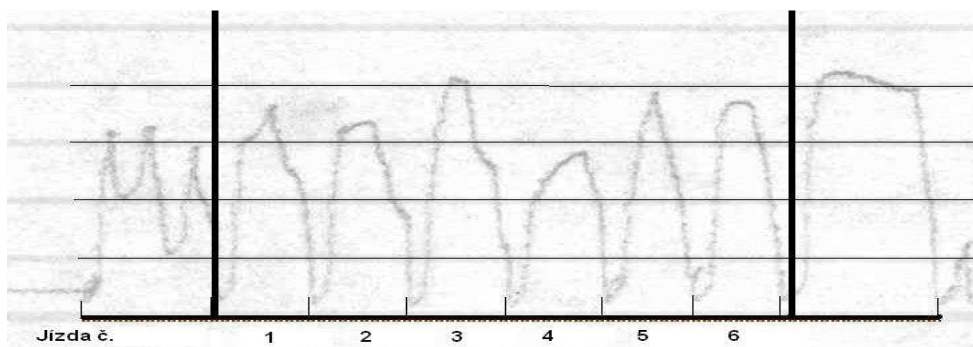
GPS	výpis dat ze zařízení GPS	
ELE	výpis dat z rychloměru Metra Blansko	
MECH	výpis dat z rychloměru typ 662	
<i>a</i>	[m.s ⁻²]	zrychlení vozidla
<i>s</i>	[m]	ujetá dráha vozidla
<i>S_{kore}</i>	[m]	korigovaná ujetá dráha o korekci <i>k_e</i>
<i>S_{korm}</i>	[m]	korigovaná ujetá dráha o korekci <i>k_m</i>
<i>v</i>	[m.s ⁻¹]	rychlost vozidla
<i>v_{kore}</i>	[m.s ⁻¹]	korigovaná rychlost o korekci <i>k_e</i>
<i>v_{korm}</i>	[m.s ⁻¹]	korigovaná rychlost o korekci <i>k_m</i>

4.5 Grafické porovnání jízd DHV

Na obr. č. 19 si můžeme prohlédnout rychlostní grafický výpis LV řady 363 a na obr. č. 20 výpis LV řady 163 a vzájemně je tak opticky porovnat. Hned pouhým okem jsou vidět rozdíly.



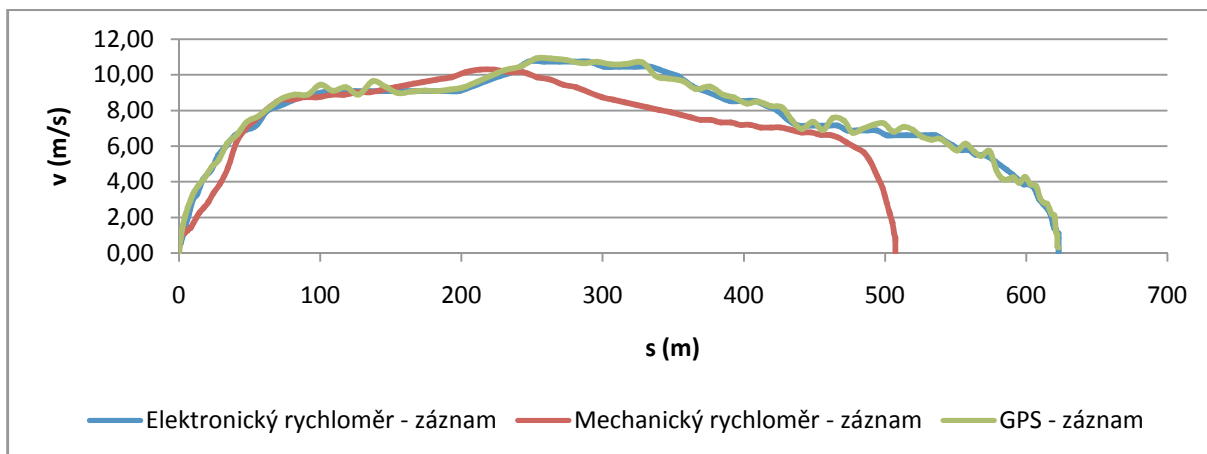
Obr. č. 19: Rychlostní výpis LV řady 363.



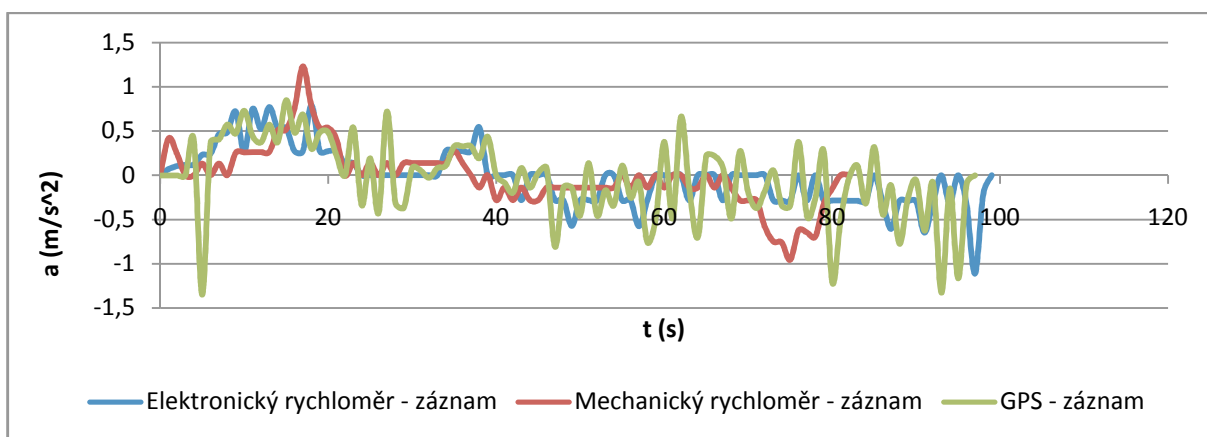
Obr. č. 20: Rychlostní výpis LV řady 163.

Dále již následují grafy jednotlivých jízd. Grafy závislosti rychlosti vozidla na čase jsem zde neuváděl, neboť se při analýze nepoužívají. Jsou však přiloženy v Excelovském souboru v systému Edison a také jako ukázka v přílohách.

Jízda č. 1



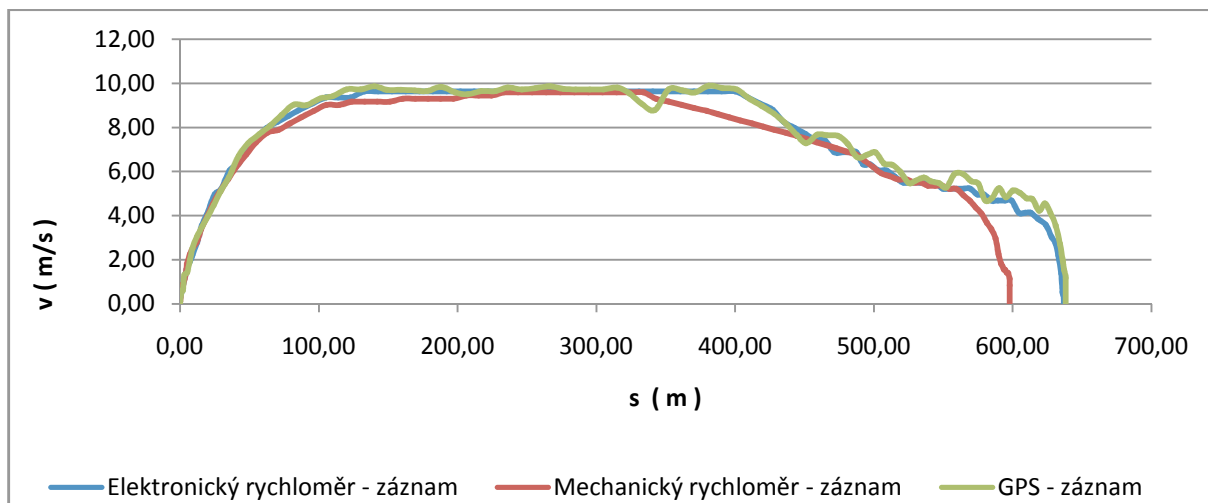
Graf č. 1: Závislost rychlosti na ujeté dráze.



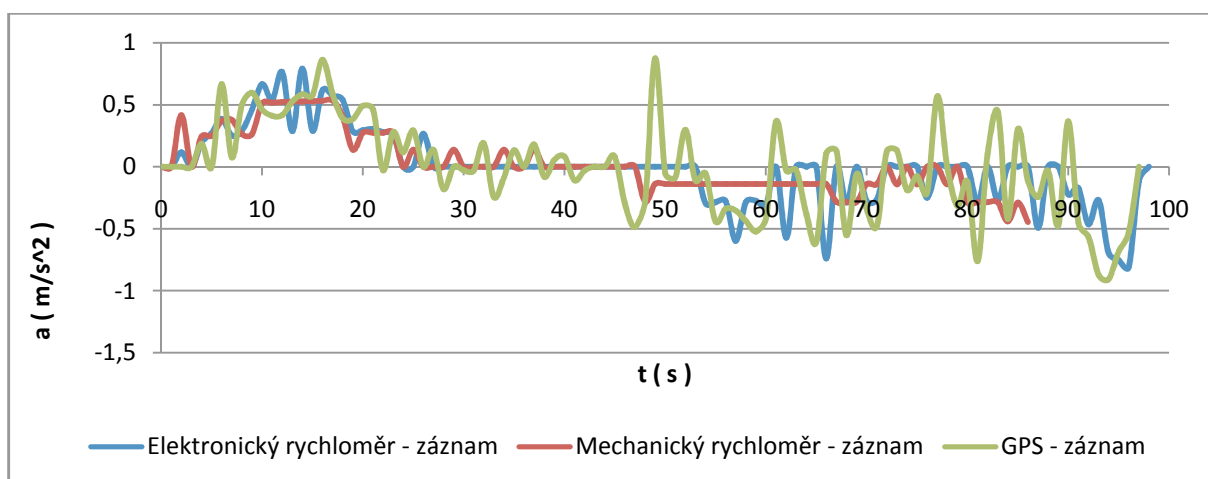
Graf č. 2: Závislost zrychlení na čase.

V grafu č. 1 vidíme, že hodnoty elektronického rychloměru téměř souhlasí s hodnotami záznamu GPS. Oproti tomu má mechanický rychloměr větší odchylky a podle těchto údajů vozidlo ujelo kratší dráhu o cca 115 metrů. To ale není možné díky tomu, že vozidla byla spřažená. Graf č. 2 Pak ukazuje dynamiku jízdy vozidel, ta je už u každého rozlišná. U záznamu GPS mohou vznikat odchylky díky nepřesnostem s polohou.

Jízda č. 2



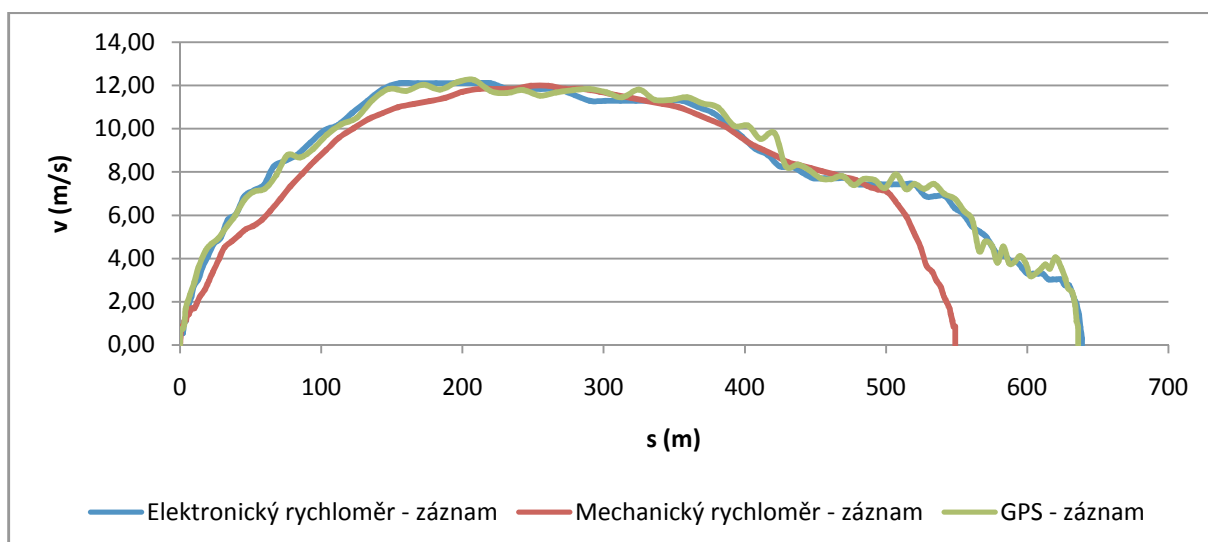
Graf č. 3: Závislost rychlosti na ujeté dráze.



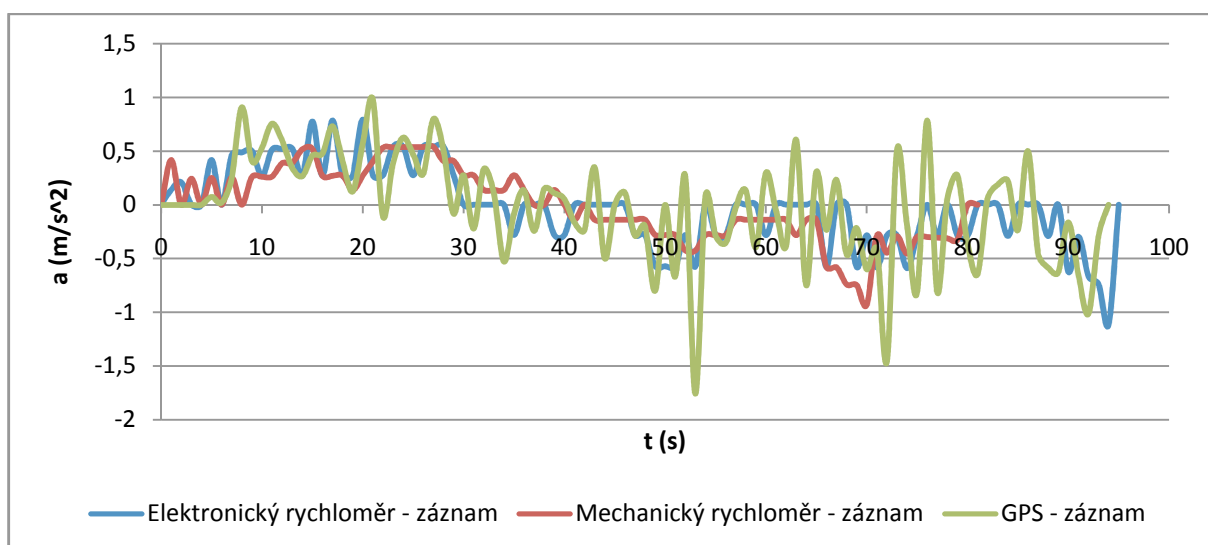
Graf č. 4: Závislost zrychlení na čase.

Na rozdíl od jízdy 1 je v grafu č. 3 viditelná větší podobnost obou rychloměrů, ne však po celou dobu jízdy. I tak je rozdíl této jízdy v dráze asi 65 metrů. Graf č. 4 je pak podobný jako u jízdy 1 s největšími výchyly u záznamu GPS.

Jízda č. 3



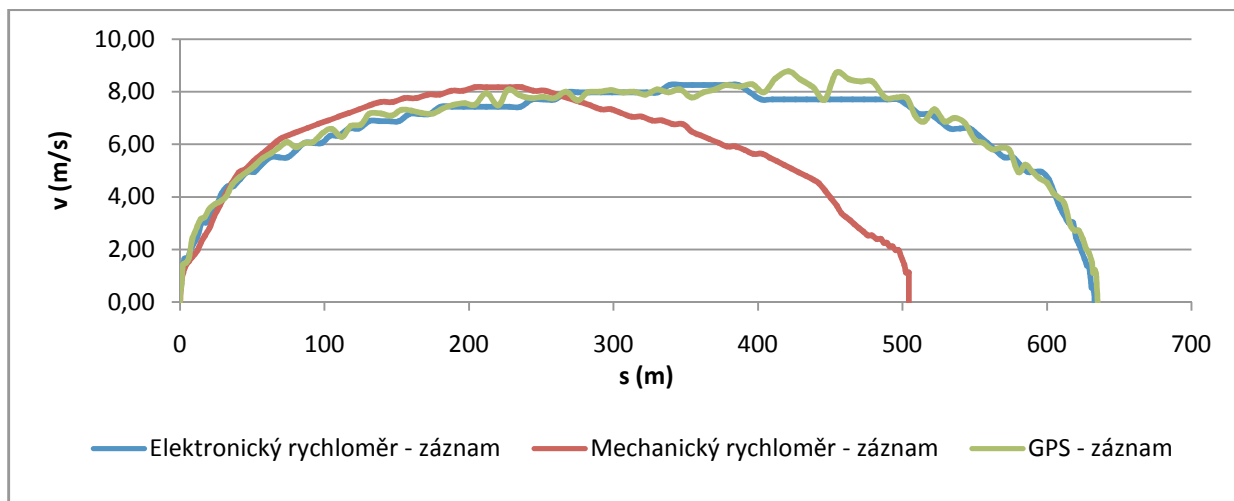
Graf č. 5: Závislost rychlosti na ujeté dráze.



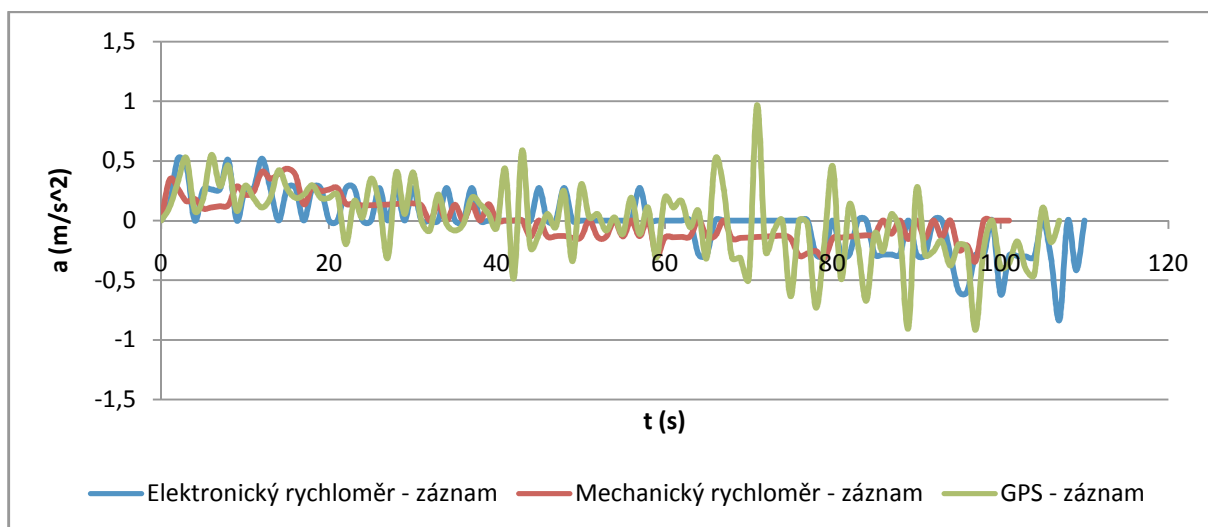
Graf č. 6: Závislost zrychlení na čase.

U jízdy č. 3 jsou hodnoty opět na pohled podobné, při analýze však rozdíl ujetých drah činí opět menší ujetou dráhu u mechanického rychloměru o cca 90 m. Odchyłky GPS jsou v grafu č. 6 opět celkem značné.

Jízda č. 4



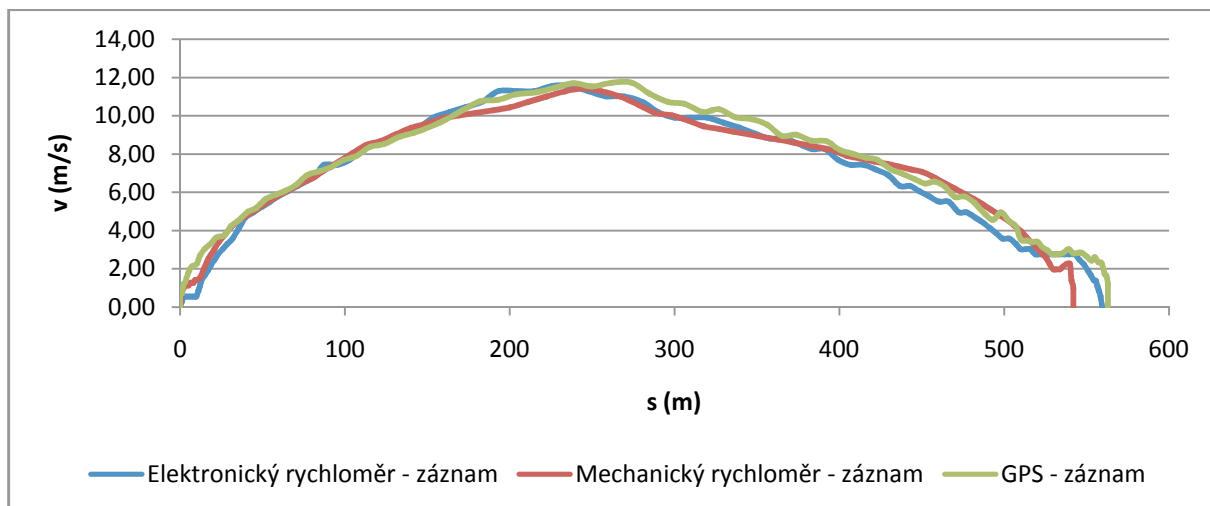
Graf č. 7: Závislost rychlosti na ujeté dráze.



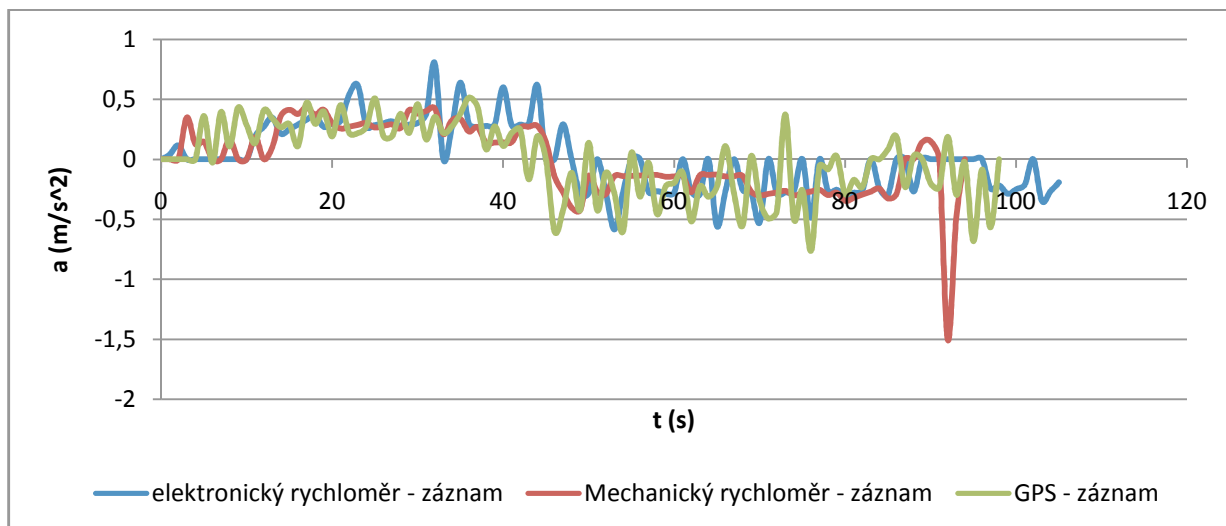
Graf č. 8: Závislost zrychlení na čase.

Jízda č. 4 je z pohledu ujeté vzdálenosti nejvíce rozdílná. Tento rozdíl činí až 128m. Ve velikosti záznamu je však taková vzdálenost odchylkou pouze ve velikosti 0,64 mm, což pouhým okem nelze rozeznat, natož hodnoty ještě menší.

Jízda č. 5



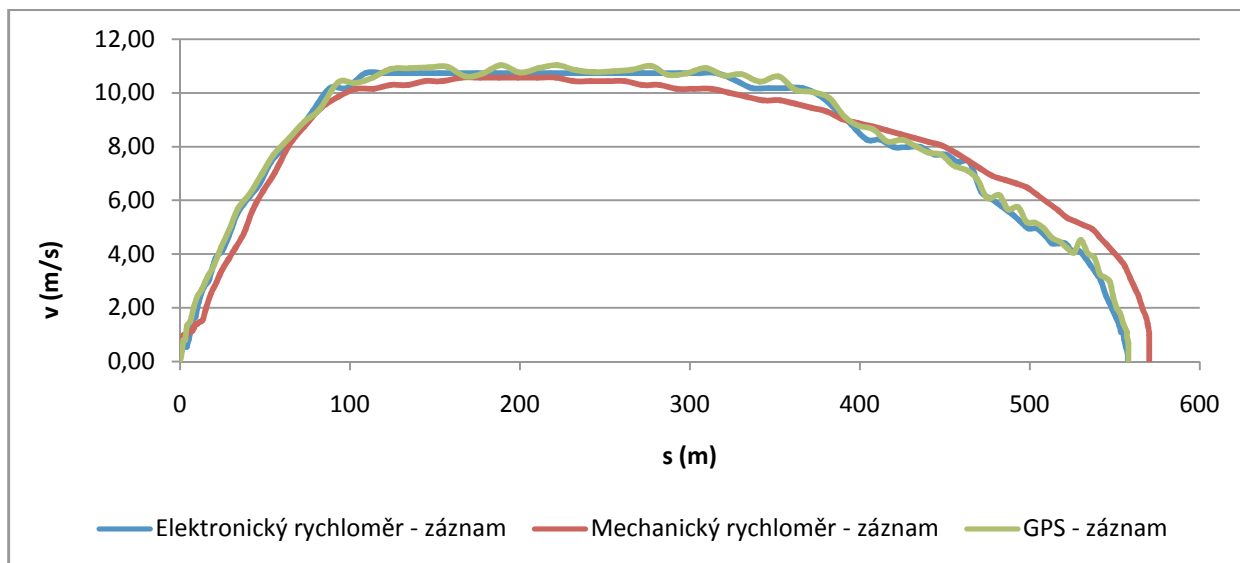
Graf č. 9: Závislost rychlosti na ujeté dráze.



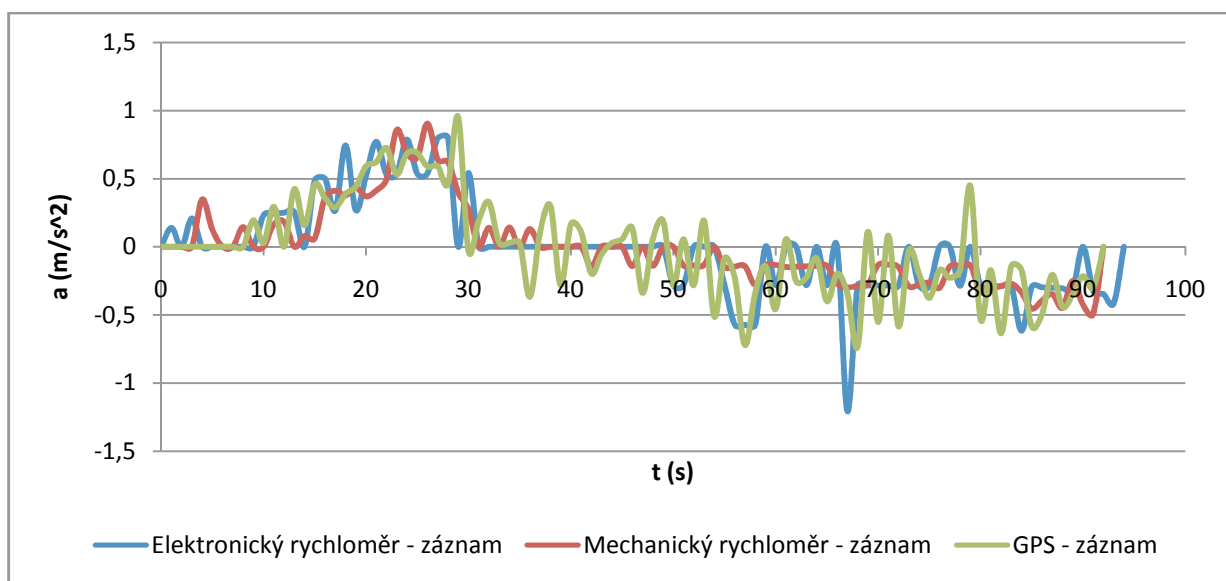
Graf č. 10: Závislost zrychlení na čase.

Teprve u jízdy č. 5 se hodnoty ujeté dráhy téměř shodují. Rozdíl nyní je pouhých cca 18 m. Pokud bychom se ale podívali do souboru Excel nebo také níže na tabulku 3 je naopak velký rozdíl v době jízdy.

Jízda č. 6



Graf č. 11: Závislost rychlosti na ujeté dráze.



Graf č. 12: Závislost zrychlení na čase.

Na rozdíl u jízd 1 až 5 byla dráha na mechanickém rychloměru vždy menší, zde je tomu ale naopak. Podle údajů bylo ujeté o 14 m více.

Tabulka 3: Porovnání času rozjezdu a zastavení, ujeté dráhy a doby jízdy.

jízda	rozjezd	zastavení	tj [s]	s [m]	rozjezd	zastavení	tj [s]	s [m]	rozjezd	zastavení	tj [s]	s [m]
1	9:29:37	9:31:16	99	629	9:29:49	9:31:10	81	507	9:29:40	9:31:14	94	623
2	9:32:20	9:33:58	98	637	9:32:45	9:34:20	95	598	9:32:23	9:33:57	94	638
3	9:35:17	9:36:52	95	639	9:35:54	9:37:15	81	549	9:35:20	9:36:51	91	636
4	9:37:56	9:39:46	110	639	9:38:24	9:40:04	100	504	9:37:56	9:39:43	107	635
5	9:42:07	9:43:53	106	568	9:42:43	9:44:17	94	542	9:42:15	9:43:50	95	563
6	9:44:58	9:46:32	94	566	9:45:43	9:47:12	89	570	9:45:06	9:46:30	84	558

Kde:

tj [s] doba jízdy

s [m] ujetá dráha

4.6 Statistické porovnání získaných údajů

Pro statistické porovnání jsem zvolil jako přesné údaje (100%) z rychloměru Metra Blansko.

4.6.1 Statistika maximální ujeté dráhy po korekci dvojkolí

Tabulka 4: Statistika maximální ujeté dráhy po korekci dvojkolí.

jízda	Ujetá dráha (m) - El.	%	Ujetá dráha (m) - Mech.	%	Ujetá dráha (m) - GPS	%
1	622,88	100	507,34	81,5	623	100,02
2	636,74	100	597,65	93,9	638	100,20
3	638,72	100	548,94	85,9	636	99,57
4	632,78	100	504,3	79,7	635	100,35
5	559,5	100	541,84	96,8	563	100,63
6	557,52	100	570,25	102,3	558	100,09

příklad výpočtu pro jízdu 1:

$$x = 100 \cdot \frac{507,34}{622,88} = 81,5 \%$$

Z tabulky 4 je patrné, že údaje elektronického rychloměru jsou mnohem přesnější než údaje mechanického při porovnání s údaji GPS. Odchyly ujeté dráhy rychloměru typu 662 se pohybují od 2,3 do 20,3 % oproti údajům rychloměru Metra Blansko.

4.6.2 Statistika maximální dosažené rychlosti po korekci dvojkolí

Tabulka 5: Statistika maximální dosažené rychlosti po korekci dvojkolí.

jízda	Max. rychlost (m/s)	%	Max. rychlost (m/s) mech.	%	Max. rychlost (m/s) GPS	%
1	10,73	100	10,29	95,899	10,92	101,77
2	9,63	100	9,58	99,481	9,86	102,39
3	12,1	100	11,98	99,008	12,25	101,24
4	8,25	100	8,17	99,03	8,78	106,42
5	11,55	100	11,42	98,874	11,72	101,47
6	10,73	100	10,57	98,509	11,03	102,8

příklad výpočtu pro jízdu 1:

$$y = 100 \cdot \frac{10,29}{10,73} = 95,899 \%$$

Z tabulky 5 je patrné, že údaje rychloměrů o dosažení maximálních rychlostí se liší již pouze minimálně cca od 1 do 5%. Naopak kdybych posuzoval rychlosti do 5 km.h⁻¹, byly by rozdíly značně větší, neboť mechanický rychloměr začíná zaznamenávat rychlost až zhruba u rychlosti 3 km.h⁻¹.

5. Provozně technické vyhodnocení

Ve své práci jsem provedl analýzu způsobů záznamu pohybu DHV. Nejprve jsem popsal druhy rychloměrů používaných v ČR, jejich funkce a použití. Dále jsem se již zabýval dvěma druhy rychloměrů – mechanickým (typ 662) a elektronickým (Metra Blansko). V práci je uvedena možnost analýzy ze záznamů registračními rychloměry.

Dále jsem navrhl a realizoval s pomocí vedoucího bakalářské práce experiment, který měl za úkol učinit jízdy spřažených DHV s rychloměry mechanickými a elektronickými. Experiment proběhl v DKV Ostrava s LV řady 363 (rychloměr Metra Blansko) a LV řady 163 (rychloměr typ 662). Bylo provedeno 6 jízd (3krát tam a zpět) po zvolené koleji na přímém úseku. Jako nezávislý a informační zdroj údajů posloužil navíc přístroj GPS, který při realizaci porovnání záznamů pomohl zjistit co nejpřesnější údaje. Následně bylo nutné změřit přesný průměr hnacích dvojkolí, tento úkon byl proveden přístrojem zvaným Pavouk.

Po realizaci experimentu jsem se pustil do porovnání záznamů jízd ze všech tří přístrojů. Nejprve jsem určil korekci průměrů dvojkolí. Díky ní jsou údaje podobnější, protože u rychloměru Metra Blansko byl nastaven průměr větší než ve skutečnosti a u typu 662 tomu bylo naopak. O korigované hodnoty jsem pak vynásobil původní hodnoty dosažených rychlostí a ujeté dráhy.

Provedl jsem podrobný rozbor rychloměrného proužku u typu 662, využil jsem k tomu program Malování. Díky němu jsem dokázal určit přibližný čas rozjezdu a zastavení vozidla, rychlost v určitém bodě záznamu a také ujetou vzdálenost. U rychloměru Metra Blansko již tento postup nebyl nutný. Zde jsem získal díky programu TGR veškerá potřebná data z grafického a textového výpisu dat z jízdy vozidla. Stejným způsobem jsem postupoval i u záznamu GPS, který převedl do textové podoby pomocí programu GPS Visualizer.

V programu Excel jsem tato data porovnal tabulkově i graficky. Z výsledků porovnání vyplývá, že data rychloměru Metra Blansko jsou velmi přesná. Díky záznamu GPS jsou téměř totožná. Na rozdíl od toho rychloměr typu 662 již tak přesný není. Rozdíly v ujetých drahách se u něho pohybují v rozmezí 2 až 20% a v rychlostech 1 až 5%. Navíc při všech jízdách zaznamenával jízdu kratší dobu než rychloměr elektronický. Informativně jsem

také do porovnání zahrnul zrychlení, které je důležité především pro dynamiku jízdy vozidla.

Všechny důležité informace – statistické porovnání maximální dosažené rychlosti a ujeté dráhy, porovnání doby jízdy, grafické i tabulkové porovnání jsou uvedeny ve výpočtech, případně v přílohách nebo v odevzdaném programu Excel.

Závěrem bych zhodnotil tyto dva druhy rychloměrů a popsal jejich výhody a nevýhody a případně způsob jak nevýhody minimalizovat.

Hlavními výhodami elektronických rychloměrů jsou jejich přesnost zaznamenávání údajů, také zaznamenává rychlost pod 3 km.h^{-1} . Dále je to možnost uchovávání dat v paměti a snadné přenesení dat do přenosného počítače. Snad jedinými nevýhodami jsou možnost odchylky $\pm 4 \%$ rychlosti z rozsahu rychlosti a také nahrazení v budoucnu přístroji GPS.

Naopak proti tomu mechanický rychloměr nemá téměř žádnou výhodu. Možná jen cenově by vyšel levněji. V současnosti se však nevyrábí, jen se udržuje nynější stav a na nová vozidla se už neinstaluje. Nevýhody jsou zapisování na rychloměrný proužek, který je z papíru a může se kdykoliv poškodit nebo údaje mohou být rozmazány při nepříznivých vlivech. Přímo pro porovnání záznamů jsem narazil na další chybu a to v rozsahu zapisování písátka. Při vychýlení písátka v dráhovém posunu o 1mm bude rozdíl dráhy touto chybou 100 m ve skutečnosti. U rychlosti nezaznamenávají pohyb do 3 km.h^{-1} , u časového záznamu písátko zase nevyužívá celý předtisk. Při analýze je pak nutné toto upravit, což prodlužuje samotnou dobu porovnávání.

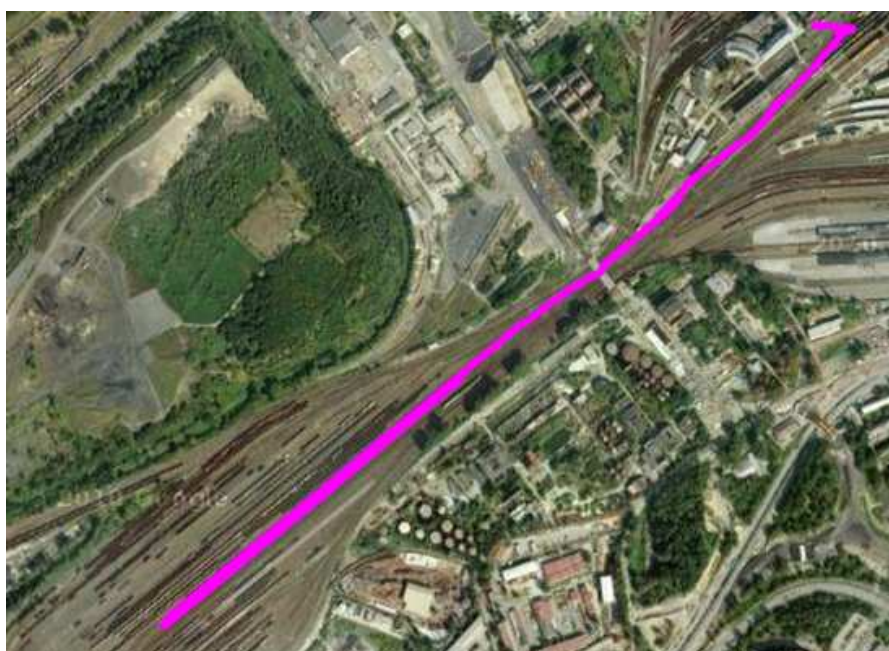
K minimalizaci chyb při zaznamenávání jízdy vlaku by přispělo přidání na DHV, zejména na ty s mechanickými rychloměry, zařízení GPS, které dokáže zaznamenávat stejné údaje jako rychloměry. Bylo by to ovšem nákladnější a je otázka, zda do tohoto investovat, nechat původní stav a být spokojen s možnou nepřesností, či používat pouze rychloměry elektronické.

Použitá literatura

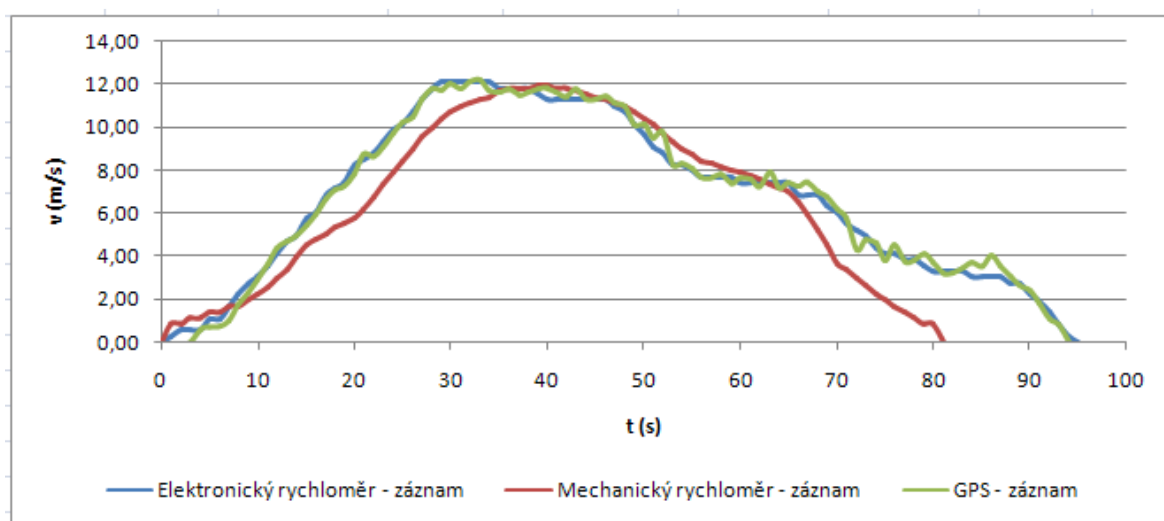
- [1] ANTONICKÝ, S. *Mechanika vlakové dopravy*. Bratislava: ALFA Bratislava, 1984.
1. vydání. 275 s.
- [2] ČD V 8/I. *Předpis pro provoz a obsluhu rychloměrů*. Praha: České dráhy. 2000.
- [3] FMD: V8 *Předpis o rychloměrech*. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů. 1972. Platí od 1. 10. 1972
- [4] KŽV s.r.o.: *Měření průměru kol PAVOUK drážních a tramvajových vozidel*. Praha: Komerční železniční výzkum, spol. s r.o. [online]
<http://kzv.webseller.cz/cz/produkty/wheel/pavouk.htm>. [cit: 2008-04-08]
- [5] KŽV s.r.o.: *Návod na použití a údržbu elektronického přístroje PAVOUK*. Praha: Komerční železniční výzkum, spol. s r.o. Verze 6.2000. s. 13
- [6] http://pernerscontacts.upce.cz/19_2010/Siroky_OVA.pdf k 3.2. 2011
- [7] <http://www.metra.cz/files/katalogy/MetraBlansko-ElektronickyTachograf.pdf> k 4.5.2011
- [8] http://fs1.vsb.cz/~s1i95/TDV/Tdv_RAM.HTM k 10.3.2011
- [9] http://www.gpsvisualizer.com/convert_input k 1.4. 2011
- [10] <http://www.gpswandern.de/gpxviewer/gpxviewer.shtml> k 1.4. 2011

Přílohy

Příloha 1: Výstup měření záznamu GPS pomocí on-line programu GPS Track Viewer...	58
Příloha 2: Graf závislosti rychlosti na čase	58



Příloha 1: Výstup měření záznamu GPS pomocí on-line programu GPS Track Viewer. [10]



Příloha 2: Graf závislosti rychlosti na čase